France d'outre mer

PROTECTORAT DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE AU MAROC

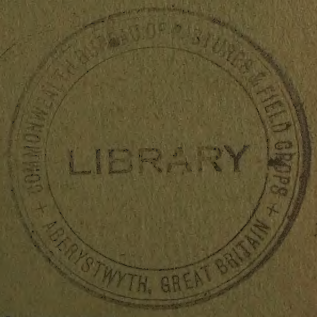
GOUVERNEMENT CHÉRIFIEN

DIRECTION de l'AGRICULTURE, du COMMERCE et des FORETS

PRODUCTION AGRICOLE

Les Cahiers de la Recherche Agronomique

2



SERVICE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
ET DE L'EXPERIMENTATION AGRICOLE

RABAT 1949

12 AUG 1950

Centre de Recherches Agronomiques de Rabat

DIRECTEUR : M. Georges GRILLOT
Chef du Service de la Recherche Agronomique et de l'Expérimentation Agricole

SERVICES GENERAUX	M. J. DUPONT.
Secrétariat	*M. A. Ruiz.*
Assistante	*Mme A. Lacroix.*
Comptabilité	*M. N. Léonetti.*
STATION EXPERIMENTALE	M. M. BOURGES.
Chef de pratique agricole	*M. R. Thévenet.*
Agent de culture	*M. N. Ortola.*

ETUDE DES SOLS	M. G. BRYSSINE.
Chef de travaux	*M. R. Jaminet.*
CARTE DES SOLS DU MAROC	M. le Professeur W. CAVALLAR, *chargé de mission par le Centre National de la Recherche Scientifique.*
BOTANIQUE AGRICOLE	M. A. FOURY.
Chef de travaux	*M. G. Perrin de Brichambaut.*
Assistant	*M. Mohamed ben Hunsali.*
GENETIQUE VEGETALE	MM. G. GRILLOT et G. TRABUT.
Chefs de travaux	*Mlle L. Cazal.*
	M. J. Hitis, de l'Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques.
	M. P. Bryssine.
Préparateurs	*M. J. Richez.*
	Mme Z. Font du-Picard.
Secrétaire	*M. A. Difalco.*
Assistante	*Mlle S. Cohen.*
AGRONOMIE, EXPERIMENTATION AGRICOLE	M. M DUFRESSE.
Chefs de travaux	*M. W. Hutter.*
	M. R. Tissot, de l'Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques.
CHIMIE AGRICOLE ET TECHNOLOGIE GENERALE	Mlle P. DESARNAUD.
Chef de travaux	*Mlle Ch. Thomann.*
Préparateur	*M. Mohamed ben Brahim.*
TECHNOLOGIE DES GRAINS ET DES FARINES	M. L. LOISIL.

PROTECTORAT DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE AU MAROC

GOUVERNEMENT CHÉRIFIEN

DIRECTION de l'AGRICULTURE, du COMMERCE et des FORETS

PRODUCTION AGRICOLE

Les Cahiers de la Recherche Agronomique

2

SERVICE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

ET DE L'EXPERIMENTATION AGRICOLE

RABAT 1949

Table des matières et des planches

PAGES

AVANT-PROPOS, par François GILOT.

LA ZONE MEDITERRANEENNE, par Georges GRILLOT 3

Croquis de la zone méditerranéenne, p. 4.
Bibliographie, p. 13.

LE MILIEU MAROCAIN, APERÇU GEOGRAPHIQUE ET AGRICOLE, par Georges GRILLOT 17

Tableau 1. — Température des mois les plus chauds et les plus froids, p. 18.
« II. — Importance approximative des cultures, p. 32.
« III. — Arbres fruitiers, p. 32.
« IV. — Importance approximative des effectifs animaux, p. 32.
Carte 1. — Carte schématique du Maroc, p. 20.
« 2. — Carte simplifiée des pluies du Maroc, p. 20.
« 3. — Croquis phytogéographique du Maroc, p. 20.
Photographie 1. — Forêts de chênes verts, p. 22.
« 2. — Maroc oriental, steppe d'alfa, p. 22.
« 3. — Maroc oriental, steppe d'armoise, p. 22.
« 4. — Steppe à palmier nain, p. 22.
« 5. — Savane à arganiers, p. 22.
« 6. — Steppe à jujubiers, p. 22.
« 7. — Oasis, p. 26.
« 8. — Terres non irriguées près de Marrakech p. 28.
« 9. — Terres irriguées (vergers d'agrumes) près de Marrakech, p. 28.
« 10. — Entrée de la bananeraie sous grillage (Sous) p. 30.
« 11. — Vue de la bananeraie sous grillage (Sous) p. 30.
Bibliographie, p. 37.

LES FACTEURS CLIMATIQUES DE LA PEDOGENESE AU MAROC, par Georges BRYSSINE 43

Tableau I. — Comparaison de quelques indices d'aridité, p. 44.
« II. — Caractères du climat (Maroc) p. 46.
« III. — Caractères du climat (Russie) p. 46.
« IV. — Caractères du climat (Europe) p. 46.
« V. — Caractères du climat (zone équatoriale) p. 46.
« VI. — Caractères du climat (Etats-Unis d'Amérique) p. 46.
« VII. — Correspondance entre le degré de lessivage, les types de sols et l'indice climatique Fp p. 48.
« VIII. — Classification de Reifenberg, p. 50.
« IX. — Classification de Vilensky, p. 50.
« X. — Influence des facteurs sur les maxima ou les minima de la courbe Ec, p. 61.

Graphique 1. — Schéma des relations pédo-climatiques, p. 46.
« 2 et 3. — Variations mensuelles de l'indice Ec = P × T, p. 62.
« 4, 5 et 6. — Variations mensuelles du facteur pluviométrique P/T de Lang, p. 64
« 7. — Variations mensuelles des indices Ec= P × T et Fp = P/T, p. 66.
Carte 1. — Facteurs pluviométriques de Lang P/T = moyennes annuelles, p. 52.
« 2. — Moyennes des mois humides (P/T ⩽ 20), p. 52.
« 3. — Indice Ec. Moyennes annuelles, p. 52.
« 4. — Carte des zones pédo-climatiques, p. 52.
Bibliographie, p. 69.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'HUMIDITE DES SOLS DU MAROC. par Georges GRILLOT et Georges BRYSSINE . 71

Graphiques de l'humidité des cases.
Tirs, p. 84.
Hamri, p. 86.
R'mel, p. 88.
Bibliographie, p. 92.

CONSIDERATIONS SUR L'ARIDOCULTURE AU MAROC, par Marcel DUFRESSE 95

Essai de structure (figure) p. 100.
Bibliographie, p. 124.

ETUDE DE CLIMATOLOGIE COMPAREE (Possibilités culturales du cotonnier), par Georges GRILLOT et Jean ILTIS .. 129

Tableau I. — Températures et précipitations moyennes (Régions cotonnières de Russie d'Europe) p. 131.
« II. — Températures moyennes et évolution du cotonnier à Khassov, p. 131.
« III. — Températures moyennes annuelles de la période de végétation en Azerbaïdjan, p. 131.
« IV. — Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations au Turkestan, p. 132.
« V. — Moyennes et minima annuels de précipitations au Turkestan, p. 133.
« VI. — Températures et pluies moyennes mensuelles (Maroc), p. 134.
Bibliographie, p. 139.

PROJET D'ORGANISATION D'UNE SECTION DE BIOCLIMATOLOGIE AGRICOLE AU CENTRE DES RECHERCHES AGRONOMIQUES DU MAROC par. R.V.E.R.N.E.T. **140**

Poste type (croquis), p. 156.

JUIN 1949

Avant propos

Le premier Cahier de la Recherche Agronomique paru en juillet 1948 a traité de la conception et de l'organisation d'ensemble des travaux de Recherches entrepris au Maroc.

Le second Cahier que mon collaborateur et ami, M. Georges GRILLOT, Chef du Service de la Recherche Agronomique, a bien voulu me demander de préfacer, se trouve consacré au milieu physique, au climat qui le caractérise et aux conséquences de ce dernier sur la genèse des sols, sur la répartition des espèces végétales et sur la nature des cultures ou spéculations agricoles possibles.

C'est là une suite logique. Beaucoup d'illusions décevantes et bien des erreurs coûteuses auraient pu être évitées par des notions préalables plus justes du climat spécial de la zone méditerranéenne.

Sans doute, les agriculteurs ont-ils peu à peu adopté, en fonction des conditions climatiques et des exigences de leurs cultures, certaines techniques spéciales; mais les aléas ne disparaissent pas tous avec leur emploi; dans un pays si chan-

geant et dont les variations peuvent être si accusées, le perfectionnement des méthodes culturales exige une étude aussi approfondie que possible des éléments climatiques généraux, régionaux et locaux.

Il faut se méfier, en effet, des généralisations trop hâtives.

Il faut aussi pouvoir profiter des connaissances acquises ailleurs et des perfectionnements réalisés dans un pays à climat similaire.

Il est souhaitable aussi de pouvoir expliquer certains échecs auxquels conduisent parfois des pratiques considérées habituellement comme heureuses : labours profonds de la jachère travaillée ou engrais verts.

Il est indispensable enfin de relier à l'observation précise du milieu environnant et de ses variations dans le temps et dans l'espace toutes les études portant sur le comportement des diverses espèces et variétés, leur parasitologie, les états critiques de la végétation, l'utilisation des engrais et amendements, les assolements, les travaux du sol, les techniques culturales, l'évolution des sols sous l'influence des cultures, des travaux, des irrigations.

Ces préoccupations bien connues des agronomes ont été traduites dans les résolutions de la Conférence des Directeurs de « l'Organisation météorologique Internationale », résolutions que le Chef du Service de Physique et du Globe et de Météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien, le Commandant ROUX, a eu l'aimable obligeance de nous communiquer.

Celles de ces résolutions qui intéressent particulièrement la Recherche Agronomique tendent à provoquer :

1° — *l'établissement par région de listes phénologiques de plantes (y compris les plantes cultivées et leurs parasites ou prédateurs) et l'installation de réseaux de stations phénologiques suffisamment denses;*

2° — *la mise en route de recherches agricoles ayant pour objet l'étude approfondie des relations complexes entre les plantes, leur croissance, leur évolution, leurs maladies d'une part, et les climats météorologiques d'autre part;*

3° — *la création, dans chaque pays, en plus des réseaux actuels de stations météorologiques, d'un réseau de stations agrométéorologiques situées de préférence dans les centres d'expérimentation agricole et coopérant avec les organismes officiels de l'agriculture, le but de ce réseau étant de fournir les observations météorologiques et agricoles détaillées nécessaires à l'établissement des relations entre les plantes et le temps;*

4° — *l'étude aussi complète que possible de l'humidité du sol;*

5° — *l'étude approfondie des facteurs météorologiques qui sont en relation avec la fonction, l'érosion et la conservation du sol.*

Grâce à la compréhension des dirigeants métropolitains de la Recherche Agronomique, un spécialiste de ces questions de bioclimatologie, M. A. VERNET, a pu séjourner au Maroc quelques semaines en 1945, avec pour mission d'étudier la création d'une station de bioclimatologie agricole et d'en donner les règles générales de fonctionnement.

Le rapport rédigé par M. VERNET constitue l'étude finale du présent Cahier.

M. VERNET, actuellement professeur de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, a bien voulu laisser publier ce rapport en faisant toutefois remarquer que son travail remontait à quatre ans et que, depuis lors, les connaissances en la matière avaient quelque peu évolué.

Quoiqu'il en soit, l'essentiel demeure et peut-être un jour sera-t-il possible de réaliser le projet envisagé dès 1945.

C'est le vœu qu'en terminant je formule, non sans avoir félicité M. GRILLOT et ses collaborateurs du savant cahier qu'ils mettent une fois de plus à la disposition des techniciens de l'agriculture et des chercheurs.

François GILOT,
Directeur-Adjoint,
Chef de la Division de la Production agricole.

Georges GRILLOT

—

La Zone Méditerranéenne

La Zone Méditerranéenne

Conférence d'information générale faite aux élèves généticiens de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale du Ministère de la France d'Outre-Mer en stage au Centre de Recherches Agronomiques de Rabat

Il paraît opportun d'ouvrir le cycle de vos travaux, et des causeries préparatoires à ceux-ci, par un bref rappel des caractéristiques essentielles de la zone méditerranéenne, qui sera suivi d'un aperçu d'ensemble sur le Maroc géographique et agricole.

Cet exposé, qui pourrait fournir matière à plusieurs volumes, sera très succinct parce que notre temps est limité, et aussi parce que je n'ai pour but que de donner à vos observations et à vos raisonnements ultérieurs une base saine dont la connaissance, qui détruira peut-être certaines illusions antérieures, pourra vous mettre en garde contre des interprétations mal fondées et des transpositions aventureuses, et pourra par conséquent vous éviter d'aboutir, le cas échéant, à des conclusions erronées.

Le Maroc fait évidemment partie de l'Afrique, mais celle-ci, pour la majeure partie des Français, c'est dans son ensemble le pays équatorial et tropical par excellence. C'est un continent massif, apparemment homogène, tout au moins sur la carte. On sait bien qu'il y a un grand désert, le Sahara, qui sépare l'Afrique du Nord de l'Afrique Tropicale, mais on ne se rend généralement pas bien compte des différences climatiques profondes qui existent entre les pays respectivement situés au nord et au sud du Sahara.

Il faut ajouter que les oasis du Sud de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie, popularisées et plus ou moins stylisées par les « chromos », contribuent à renforcer trop souvent chez les Métropolitains l'opinion erronée qu'ont beaucoup d'entre eux de l'exotisme de nos contrées. En fait, depuis la conquête de l'Algérie, pendant plus d'un siècle, on a eu en France, et même en Afrique du Nord, l'illusion tenace de pouvoir

pratiquer aisément en Algérie des cultures tropicales ou équatoriales complémentaires des productions françaises, telles que le caféier et le cacaoyer. Les mêmes illusions, les mêmes erreurs, ont d'ailleurs repris leur essor au Maroc lors de l'instauration du Protectorat, et il semble même qu'elles n'aient pas définitivement disparu.

Or, quand on regarde la carte, on voit que l'Afrique du Nord, l'Afrique Mineure, constituée par l'Algérie au Centre, la Tunisie à l'Est, et le Maroc à l'Ouest, forme en réalité une sorte d'île montagneuse placée entre le Sahara au Sud et la Méditerranée au Nord.

En outre, elle est approximativement comprise entre les 28e et 36e degrés de latitude nord; elle est donc à peu près aussi éloignée des pays tropicaux, vers le sud, que de la France vers le nord. Celle-ci s'étend en effet du 43e au 51e degrés, alors que l'Afrique Occidentale Française est comprise entre les 4e et 20e degrés. Mais entre celle-ci et l'Afrique du Nord, il y a le Sahara qui, en Mauritanie, dépasse au sud le 20e et au nord, vers l'Algérie, le 30e degré.

Il n'y a seulement et environ que 9° de différence de latitude entre Rabat et Marseille qui font toutes deux partie du bassin méditerranéen, contre 20° entre Dakar et Rabat, baignées par le même Océan, mais localités entre lesquelles s'interpose le Sahara.

Il y a environ 30 degrés de différence de latitude entre Abidjan, en Côte-d'Ivoire, et Rabat, contre 15 degrés entre Rabat et Paris.

Ces simples données sont essentielles, et il convient de ne jamais les oublier quand on veut transposer aux pays tropicaux et équatoriaux les connaissances, observations et conclusions valables pour l'Afrique du Nord, ou réciproquement.

L'impossibilité de mener à bien en Afrique Mineure les cultures tropicales et équatoriales que l'on espérait y faire prospérer a conduit certains esprits à penser que l'Europe n'était pas en réalité limitée au sud par la Méditerranée, mais que pratiquement elle s'étendait jusqu'au Sahara.

FRANCE
ESPAGNE
PORTUGAL
MER
MEDITERRANEE
MAROC
ALGERIE
TUNISIE
LIBYE
EGYPTE
SAHARA
OCEAN ATLANTIQUE
AFRIQUE OCCIDENTALE FRANCAISE
MAURITANIE
DAKAR
SENEGAL
KAYES
COTE D'IVOIRE
ABIDJAN
AFRIQUE EQUATORIALE FRANCAISE
LIBREVILLE
LEOPOLDVILLE
40
30
20
10
0
20
10
0
10
20
30

Pourtant, d'autres observateurs, frappés par la ressemblance du climat, des terres, des cultures, qui existe entre l'Espagne et l'Afrique du Nord, et par les différences entre l'Espagne et la majeure partie de la France, ont dit que l'Europe s'arrêtait aux Pyrénées et que l'Espagne devait être considérée comme africaine.

Mais cette dernière opinion n'est pas plus juste que la précédente. L'Europe, au climat typiquement tempéré, ne s'étend pas plus jusqu'au Sahara que l'Afrique ne parvient jusqu'aux Pyrénées. Mais il est exact que l'Afrique tropicale s'arrête au Sahara, cependant que l'Europe, au sud des Pyrénées, présente des caractéristiques particulières communes à toutes les régions européennes, asiatiques et africaines du bassin méditerranéen.

On pourrait donc dire, plus justement, que, climatiquement, l'Europe s'arrête aux Pyrénées, l'Afrique au Sahara, et qu'entre ces deux limites, il y a une vaste zone qui s'étend du Portugal et du Maroc jusqu'aux plateaux de l'Iran, de la Riviera jusqu'au Sahara et que l'on peut appeler la zone méditerranéenne, au climat particulier.

En réalité, la distribution de la chaleur et des pluies permet de distinguer sur la Terre (au moins dans l'hémisphère nord) les six zones climatiques suivantes quand on va de l'Equateur vers le pôle : équatoriale, tropicale, subtropicale, méditerranéenne, tempérée et polaire.

Quelles sont les principales caractéristiques de chacune de ces zones ? Je les résume très brièvement :

ZONE EQUATORIALE. — Le climat y est constamment chaud et humide; à Léopoldville par exemple, la température moyenne du mois le plus froid, c'est-à-dire janvier, est de 22°, et la température moyenne de septembre (mois le plus chaud) est de 25°. A Java, qui est tout près de l'Equateur dans l'hémisphère Sud, la température moyenne est de 25° toute l'année.

Les pluies sont abondantes toute l'année, surtout de mars à novembre à Léopoldville, et de mai à octobre à Java.

C'est une zone à végétation très vigoureuse qui à l'état naturel, constitue la forêt vierge.

ZONE TROPICALE. — Elle comprend notamment dans l'hémisphère nord et le vieux monde les pays de moussons de l'Asie méridionale et les territoires africains au sud du Sahara.

La température y est élevée; la moyenne de janvier est de 25° à Kayes, au Sénégal, où la température moyenne d'été atteint 35°.

Les pluies sont abondantes et tombent en été (de mai à novembre dans l'hémisphère nord), c'est-à-dire pendant la saison chaude; par contre, l'hiver et le printemps forment une saison sèche avec déficit hivernal d'humidité; c'est le pays de la savane (prairie de hautes herbes).

ZONE SUBTROPICALE. — Les pluies sont très rares, très faibles, et même, dans certains endroits, il n'y a pas de pluie. La température est élevée en été, elle est basse l'hiver. Les écarts sont accentués entre les températures diurnes et nocturnes. Quand il n'y a pratiquement pas de pluie, c'est le désert, le Sahara, dont l'aridité et la stérilité ne disparaissent que dans les oasis où règne le palmier-dattier, grâce aux possibilités d'irrigations.

On peut presque rattacher à cette zone les Hauts-Plateaux steppiques du Sud algérien où la température moyenne en janvier descend à 4° et où celle de juillet atteint 25°. Mais, sur les Hauts-Plateaux nord-africains, et contrairement à ce qui se passe au sud du Sahara, la pluie tombe l'hiver, et le déficit d'humidité est très marqué en été, d'avril à novembre.

ZONE MEDITERRANEENNE. — Egalement appelée zone tempérée chaude. Les étés y sont chauds et secs, les hivers y sont pluvieux ; les pluies ne sont pas très fréquentes, mais les averses sont fortes.

A Alger par exemple la température moyenne de janvier est de 12°, celle d'août est de 25° comme sur les

Hauts-Plateaux. Il y a déficit d'humidité de mai à octobre. A l'état naturel, le maquis constitue la végétation caractéristique de cette zone.

ZONE TEMPEREE. — Que l'on peut subdiviser en deux parties, au moins en Europe :

a) océanique,
b) continentale.

La partie océanique jouit d'un climat doux et non excessif. A Paris, par exemple, la température moyenne de janvier est de + 3°; celle de juillet de 18°.

Les pluies tombent toute l'année; elles sont plus fréquentes l'hiver et plus abondantes l'été. On peut noter en été un faible déficit d'humidité. La végétation naturelle caractéristique est constituée par des arbres feuillus et des prairies.

Dans la partie continentale, le climat est plus excessif, froid et relativement sec l'hiver, chaud et davantage pluvieux l'été. Néanmoins, et à cause de la température plus élevée, le déficit estival d'humidité est assez marqué. A Prague, la température moyenne de janvier est de — 1° ; celle de juillet de + 20°. C'est la zone des steppes et des résineux.

ZONE POLAIRE. — A hivers très froids et très longs, à étés assez chauds mais courts. C'est la zone des lichens.

* * *

La zone méditerranéenne, par conséquent, se place, à l'intérieur de cette échelle, plus près de la zone tempérée que des zones tropicale et équatoriale.

Pourtant, alors qu'en Europe les pluies se répartissent tout au long de l'année et qu'au Sud du Sahara elles tombent durant la saison chaude, ce qui caractérise essentiellement et dans son ensemble le climat méditerranéen, **c'est une saison estivale chaude et sèche**, sans pluie, et une saison pluvieuse avec un hiver qui est relativement doux sur les côtes maritimes, mais qui devient froid sur les plateaux éloignés de la mer.

Il faut bien retenir cette notion absolument essentielle de l'année régulièrement divisée en deux grandes périodes si contrastées et c'est pourquoi j'y insiste : une période plus ou moins pluvieuse en même temps que plus ou moins froide, qui s'étend généralement de novembre à mai, et une plus ou moins chaude, **mais sèche**, qui va de juin à octobre.

Dans ces conditions, les saisons intermédiaires, printemps et automne, présentent des caractères particuliers. Au printemps, la végétation qui se trouvait jusqu'alors, et malgré l'humidité favorable, ralentie par les froids hivernaux et la brièveté des jours, prend soudain une exubérance remarquable, une vitalité étonnante, mais d'assez courte durée car l'évolution des plantes, accélérée par la chaleur, se trouve en général arrêtée par la sécheresse implacable de la fin du printemps et de l'été.

A l'automne, aux températures douces, les pluies provoquent un renouveau d'activité; les graines germent, et notamment celles des plantes adventices qui ont épandu leurs semences sur la terre sèche au début de l'été, puis celles des plantes cultivées qu'on sème à cette époque. On note aussi, hélas, une renaissance active des parasites animaux de nos plantes cultivées. Cependant, les pâturages calcinés par l'été reverdissent. C'est, en somme un nouveau printemps dont les généreux effets sont stoppés en décembre par le froid de l'hiver. On assiste alors à un arrêt de la végétation qui reste languissante jusqu'aux premières journées chaudes du printemps.

Mais ce qui caractérise le régime pluviométrique méditerranéen, ce n'est pas seulement la sécheresse estivale, c'est aussi l'irrégularité des précipitations de la période pluvieuse: irrégularité de leur distribution, variabilité de leur total suivant les années, de leur répartition mensuelle d'une année à l'autre.

Il faut aussi noter le nombre relativement restreint et variable de jours de pluies au cours de la saison pluvieuse.

Le tableau suivant donne des exemples caractéristiques de la variation de la pluviométrie à Rabat :

	ANNEES AGRICOLES		
	1927-1928 (très pluvieuse)	1944-1945 (très sèche)	1937-1938 (moyenne)
Totaux annuels	820,25	257,4	539
Nombre de jours de pluie	85	41	75
TOTAUX PAR MOIS :			
Août	0	4,9	0
Septembre	1,75	25,3	7
Octobre	113,25	11,7	157
Novembre	178	24,1	39
Décembre	255,5	92	140
Janvier	44,5	94,8	60
Février	45	0	5
Mars	74,5	2,8	18
Avril	47,75	0,8	61
Mai	50	1	52
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0

L'autre facteur important du climat est la température dont les valeurs, dans un même lieu, apparaissent beaucoup plus régulières que les pluies. Mais à cause de l'irrégularité de celles-ci, il y a **irrégularité du complexe : Température-pluie**, avec des effets souvent très marqués sur le degré hygrométrique de l'air, l'évaporation, la transpiration des végétaux. Il y a donc des risques fréquents de sécheresse ou, au contraire, d'excès d'humidité froide en hiver ou au printemps, de printemps chauds trop humides ou bien prématurément secs et trop chauds.

Toutes ces éventualités constituent des adversités dont les effets sont plus ou moins graves pour les végétaux suivant leur stade de développement : ralentissement de végétation en hiver, asphyxie des racines en sol trop humide, maladies cryptogamiques en périodes humides et chaudes, échaudage provoqué par la sécheresse printanière, etc.

Avec des nuances ou variantes diverses dues à la latitude, à l'altitude, au relief, à l'exposition, à la proximité des mers ou du désert, aux vents, les caractéristiques climatiques, sur lesquelles nous venons d'insister et que l'on retrouve dans toute la zone méditerranéenne, ainsi que dans certaines régions du Japon, de la Californie, de l'Afrique du Sud et de l'Australie, ont imposé des traits particuliers aux sols méditerranéens, ainsi qu'à la végétation naturelle ou cultivée.

Quand on suit la classification écologique des climats de Papadakis, basée en premier lieu sur les températures et secondairement sur les précipitations atmosphériques, on est amené à placer la quasi-totalité de la zone méditerranéenne des géographes sous le climat de l'oranger, tout en la faisant pourtant déborder sous celui des céréales d'hiver, qui ne convient pas à l'oranger, en Castille, sur les Hauts - Plateaux nord-africains et en Iran.

En réalité, lorsqu'on va du pôle vers l'équateur, ce n'est effectivement qu'à partir de la zone méditerranéenne que la douceur de l'hiver permet la culture des agrumes. Encore, faut-il ne point oublier que celle-ci n'y est possible, et surtout rémunératrice, que si l'on peut irriguer les plantations en été. Nous venons de signaler qu'il se trouve en outre dans cette zone de vastes contrées à hiver froid : montagnes élevées et plateaux continentaux, où il ne saurait être question de planter des orangers. Par contre, il est possible de cultiver les agrumes au sud du Sahara, par conséquent en dehors de la zone méditerranéenne.

Il apparaît donc plus juste de dire que la zone méditerranéenne est celle des plantes annuelles d'automne, spontanées ou cultivées, susceptibles de résister en végétation aux froids de l'hiver, puis de mûrir rapidement leurs graines au printemps avant les grandes chaleurs sèches de l'été, plantes auxquelles on peut ajouter, en certaines contrées relativement favorisées, quelques espèces plus frileuses, donc de printemps, mais à évolution rapide, de quatre à cinq mois au maximum. C'est aussi la zone du maquis, et, là où il pleut suffisamment, de quelques arbres rustiques, notamment l'olivier.

Quant aux sols, il n'est pas inutile de signaler dès maintenant que leurs caractères généraux sont beaucoup plus dépendants ici du climat que de la roche-mère, contrairement à ce qu'on observe en France.

Sous l'action particulière de ce climat aux saisons brutalement alternées, la pédogénèse aboutit à des sols généralement neutres.

La podzolisation, quand elle se manifeste, conduit rarement à la formation de sols vraiment acides (sauf probablement en haute montagne, très arrosée par les pluies).

Les précipitations hivernales sont assez abondantes pour provoquer le lessivage superficiel des sels solubles, des sels de sodium en particulier, et même, partiellement, celui des carbonates, cependant que la dessication estivale peut, dans certains cas particuliers, provoquer la concentration excessive des solutions et, par conséquent, le dépôt des sels à profondeur variable, dépôt dont l'existence peut parfois n'être pas sans inconvénients pour la végétation lorsque, sous l'action de l'irrigation, la remontée des sels peut s'effectuer. En outre, cette action du climat, prolongée et renouvelée au cours des âges géologiques, a souvent déterminé la formation d'une croûte calcaire, plus ou moins profonde ou superficielle, plus ou moins compacte, plus ou moins épaisse et qui, par l'obstacle qu'elle représente, tant à la pénétration des racines qu'à celle des instruments aratoires, constitue un problème très important pour l'agriculture méditerranéenne.

Il faut, pour terminer, insister sur le rôle du relief dans la zone méditerranéenne, c'est-à-dire des montagnes, ou plus exactement des barrières que forment les montagnes. Certes, le climat tempéré chaud aux saisons alternées : l'une pluvieuse et froide ou fraîche, l'autre sèche et chaude, caractérise le bassin méditerranéen, qui est presque partout entouré de montagnes, mais en Afrique du Nord comme au Proche-Orient, les régions qui font partie de ce bassin ne jouissent vraiment de ce climat que grâce aux barrières montagneuses qui les séparent du désert.

Placées entre la mer d'une part (Méditerranée, et aussi Océan Atlantique pour le Maroc) et les déserts d'autre part (Sahara, déserts d'Arabie et de Syrie), les régions que nous

envisageons sont soumises à leurs influences contraires. En Egypte et en Lybie, le désert pèse de tout son poids et s'avance jusqu'à la mer, parce qu'aucune barrière montagneuse n'arrête et ne condense les quelques nuées méditerranéennes qui vont se disséminer et se perdre en condensations dérisoires dans l'immensité saharienne, où la culture n'est possible que dans les oasis et dans le couloir des inondations du Nil.

De même qu'à l'est du Liban et de l'Anti-Liban, on trouve le désert de Syrie, au Sud de l'Atlas commence le Sahara, et il est certain que l'Algérie subirait le même et dur climat que l'Egypte si l'écran des chaînes atlasiques ne la séparait pas du désert, de ses vents chauds et desséchants, et ne condensait les nuages venus de la mer, s'opposant ainsi à leur dispersion et à leur perte vers le Sud.

On sait qu'au sud de la dorsale tunisienne, l'influence désertique est manifeste, et nous verrons par la suite l'extrême importance du relief marocain dans l'établissement des climats du Maroc.

Rabat, le 8 Novembre 1948.

Georges GRILLOT,

Correspondant de l'Académie

d'Agriculture de France.

BIBLIOGRAPHIE

Augustin BERNARD — Afrique Septentrionale et Occidentale. 1ère Partie. Généralités et Afrique du Nord.

Tome XI de la Géographie Universelle publiée sous la direction de P. Vidal de la Blache et L. Gallois.

Ch. RIVIERE et H. LECQ — Traité pratique d'Agriculture pour le nord de l'Afrique. Paris 1914. Cultures du Midi - Encyclopédie Agricole - Paris 1924.

J. S. PAPADAKIS — Ecologie agricole - Bibliothèque agronomique belge. Gembloux — Paris 1938.

Documents publiés par le Service de Météorologie et de Physique du Globe de l'Institut Scientifique Chérifien.

Documents du Centre de Recherches Agronomiques de Rabat (section d'Etude des Sols).

Georges GRILLOT

Le Milieu Marocain

Aperçu géographique et agricole

Le Milieu Marocain

Aperçu géographique et agricole

I. — LE CLIMAT

Au cours de l'exposé précédent, nous avons voulu d'abord rappeler l'originalité et l'unité de la zone méditerranéenne, puis nous avons insisté sur la situation particulière de l'Afrique du Nord, qui constitue une sorte d'île montagneuse entre le Sahara, la Méditerranée et l'Atlantique.

Cette Afrique du Nord est constituée politiquement par l'Algérie au centre, la Tunisie à l'est et le Maroc à l'ouest.

Au centre, l'Algérie, avec sa façade maritime méditerranéenne au nord, apparaît sur la carte essentiellement caractérisée par deux chaînes de montagnes parallèles à la mer : l'Atlas tellien, proche de celle-ci ; l'Atlas saharien, au sud des Hauts-Plateaux.

A l'est, la Tunisie, où le relief est atténué, s'ouvre également au nord, mais aussi à l'est, sur la Méditerranée, et subit l'influence marquée du désert dans sa moitié méridionale, au sud de la dorsale montagneuse qui prolonge à l'est l'Atlas saharien.

Quant au Maroc, il constitue la partie occidentale de l'Afrique Mineure. Il fait bien partie de la zone méditerranéenne, mais il présente, du fait même de sa situation géographique et de son faciès orographique, certains caractères particuliers qui lui confèrent une originalité propre, en même temps qu'une notable diversité des grandes régions qui le constituent.

Largement en contact au sud avec le Sahara, il n'a, au nord, qu'un front de mer méditerranéen relativement limité (approximativement 400 kilomètres), mais il possède par contre, vers l'ouest, une façade atlantique très étendue (plus de 1.000 kilomètres). Or, la Méditerranée est une mer fermée,

de faible étendue, tandis que l'océan, immense, est un énorme réservoir d'humidité pour le pays qui s'ouvre, béant, vers l'ouest.

D'autre part, les barrières montagneuses jouent au Maroc un très grand rôle.

Au nord, le long et tout près de la Méditerranée, les nuages se heurtent aux chaînes du Rif et des Jbala.

Au sud, partant du Cap Guir, entre Agadir et Mogador, et orientée de l'ouest-sud-ouest vers l'est-nord-est, court la haute muraille du Grand-Atlas, dont le plus haut sommet atteint 4.173 mètres. Elle est prolongée vers le nord-est par les paliers élevés et les chaînons du Moyen-Atlas. Ceux-ci rejoignent, au nord, les contreforts méridionaux du Rif, dont ils ne sont séparés, entre Fès et Taza, que par un étroit couloir qui correspond à la partie la plus resserrée de la dépression que les géologues appellent le détroit sud-riffain.

Entre les Atlas, le Rif et l'Océan, c'est le Maroc Occidental, vaste zone de plaines alluvionnaires et de plateaux appuyés sur le socle hercynien, zone relativement plate au climat plus ou moins maritime, largement ouverte aux vents lourdement chargés de nuages dont la course ultime est arrêtée par la ceinture montagneuse que forment les Jbala, le Rif et les chaînes atlasiques.

En effet, quand on compare la carte des pluies (carte II) du Maroc avec celle du relief (carte I) on voit que les zones de forte pluviométrie coïncident exactement avec les chaînes de montagnes. Toutefois, la quantité de pluies n'est pas seulement fonction de l'altitude, mais bien aussi, et même avant tout, de la latitude, car s'il pleut beaucoup dans la montagne, c'est néanmoins au nord du Moyen-Atlas et dans le Rif, où les massifs sont moins élevés que dans le Grand-Atlas, que l'on observe les plus fortes précipitations annuelles (plus de 1 m.) Ces précipitations restent par contre dans l'Anti-Atlas, au sud du Sous inférieures à 300 mm. Par ailleurs, et en plaine, le long de la côte atlantique, les pluies vont en décroissant du nord vers le sud (de plus de 800 mm à Tanger jusqu'à moins de 100 mm à la frontière du Rio-de-Oro).

L'éloignement de la mer joue aussi son rôle puisque, par exemple, la pluviométrie moyenne passe, sous la même

Températu

(Années 1

REGIONS	LOCALITES	...LES PLUS FROIDS			
		MOIS	TEMPERATURE MOYENNE	MOYENNE DES MINIMA	M AB
Zone Côtière du Maroc Occidental	RABAT Altitude 64 mètres	Janv. 1930 à » 1940	12.5	7.5	
Zone Continentale du Maroc Occidental	FES Altitude 412 mètres	Déc. 1930 à » 1940	10.3	4.4	
	MARRAKECH Altitude 460 mètres	Janv. 1930 à » 1940	11.5	4.3	
	KASBA-TADLA Altitude 505 mètres	Déc. 1930 à » 1940	11.7	5.1	
Sous-Intérieur	TAROUDANT Altitude 256 mètres	Janv. 1930 à » 1940	12.9	4.2	
Sous-Maritime	AGADIR Station 215 m. et Station 32 m.	Janv. 1930 à » 1940	14.3	7.4	
Maroc Oriental, Méditerranée	BERKANE Altitude 150 mètres	Janv. 1930 à » 1940	11.3	5.4	
	OUTAT EL HAJ Altitude 747 mètres	Janv. 1930 à » 1940	6.8	- 2.1	
Moyen-Atlas	IFRANE Altitude 1.640 mètres	Janv. 1930 à » 1940	2.9	- 3.07	
Haut-Atlas	AGAOUIAR Altitude 1.800 mètres	Janv. 1930 à » 1940	6.4	1.4	

es des mois

0 à 1940)

		...LES PLUS CHAUDS				
MA LUS	MOYENNE DES MAXIMA	MOIS	TEMPERATURE MOYENNE	MOYENNE DES MAXIMA	MAXIMA ABSOLUS	MOYENNE DES MINIMA
	17.6	Août 1930 à » 1940	23	28.2	45.2	17.9
	16.2	Août 1930 à » 1940	26.7	35.9	45.5	17.6
	18.8	Août 1930 à » 1940	28.7	37.8	47.	19.7
	18.4	Août 1930 à » 1940	30.	39.8	48.4	20.3
	21.6	Août 1930 à » 1940	41.3	35.8	46.8	16.2
	21.2	Août 1930 à » 1940	22.8	27.6	51.8	18.1
	17.3	Août 1930 à » 1940	25.3	31.6	43.2	19.1
	15.7	Juill. 1930 à » 1940	26.6	36.4	43.	16.8
	8.9	Août 1930 à » 1940	20.5	29.3	36.1	11.7
	11.5	Août 1930 à » 1940	22.5	29.5	38.	15.5

latitude, de 350 mm sur la côte, entre Safi et Mogador, à 150 autour de Chichaoua, c'est-à-dire à 90 kilomètres de l'Océan.

De l'autre côté des Atlas, au Maroc Oriental et Méridional, on ne trouve pas de barrière montagneuse protectrice contre le désert. Il n'y a pas non plus de large fenêtre ouverte sur une vaste mer. Les pluies sont rares et peu abondantes, elles vont aussi en diminuant du nord vers le sud, allant de 300 à 400 mm par an sur la côte méditerranéenne, jusqu'à moins de 100 mm sur les plateaux qui confinent au Sahara, (où la moyenne est inférieure à 25 mm). Le climat est continental, avec des hivers froids. Il est en fait plus ou moins désertique, sauf toutefois en dépit d'années parfois bien sèches, dans la petite plaine septentrionale de Berkane, qui est tout près de la Méditerranée, et qui se trouve protégée de l'influence du Sahara par le modeste massif des Beni-Snassen.

Mais, bien entendu, il n'y a pas au Maroc que la pluie qui compte, il y a aussi la température, qui est tout de même, en moyenne, dans un même lieu et d'une année à l'autre, plus régulière que la pluviométrie. C'est du complexe «pluie-température» que dépend le climat de chaque région et, de ce fait, la continentalité ou, au contraire, la proximité de la mer, les écrans montagneux, l'altitude, la latitude et l'exposition contribuent à donner aux régions naturelles du Maroc une grande diversité.

Le tableau I donne l'idée de cette diversité en ce qui concerne les températures. Les écarts sont plus accentués au Maroc Oriental qu'au Maroc Occidental, ils sont aussi davantage marqués dans l'intérieur du pays que sur les côtes. Par ailleurs, plus on va vers le sud, le long de la côte atlantique de Rabat jusqu'à Agadir, moins il y a d'écart entre l'été et l'hiver.

Les vents ont aussi leur importance. A proximité de l'Océan, la brise de mer, qui souffle presque tous les matins, contribue à adoucir le climat côtier, qui bénéficie également de brouillards et de rosées fréquentes.

Dans l'ensemble du pays, le vent souffle souvent. Quand il vient de la mer, il apporte la fraîcheur et les nuages, mais

quand il arrive du continent, il peut être très dangereux : froid l'hiver, très chaud l'été, mais toujours sec. Quand le **chergui** (vent d'est) souffle au printemps, il peut avoir des effets désastreux et même anéantir les récoltes.

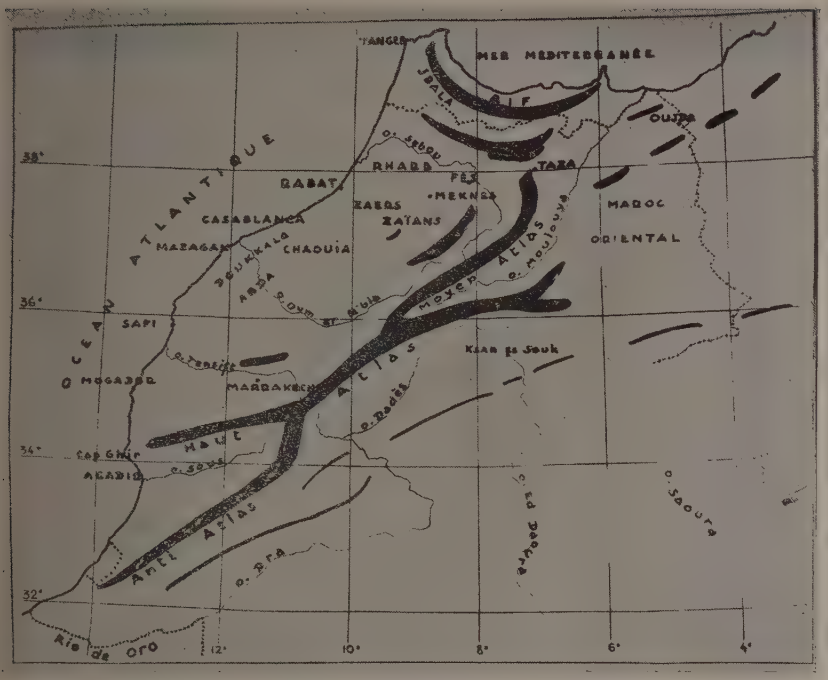
En résumé, le climat du Maroc, indubitablement méditerranéen dans son ensemble, passe progressivement, suivant la latitude, du type humide (ou semi-aride) dans le nord au type aride dans le sud.

Nous verrons tout à l'heure comment l'aspect de la végétation naturelle, étudiée par le Professeur EMBERGER, traduit cette progression, qui est d'ailleurs fortement influencée par l'altitude et par le relief. En effet, le climat de la montagne, encore plus ou moins semi-aride à la base, devient, en altitude, plus ou moins humide.

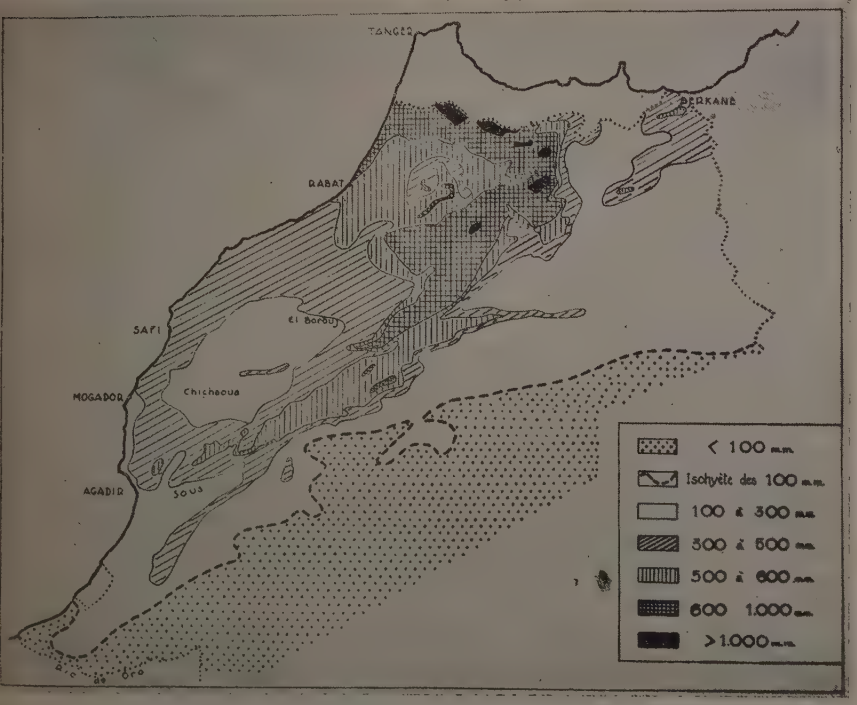
En outre, les minima hivernaux sont plus accusés dans les steppes du Maroc Oriental qu'au Maroc Occidental. Mais surtout l'abondance des pluies est, sous la même latitude, bien plus forte à l'ouest qu'à l'est de l'Atlas, de sorte que la limite septentrionale des zones arides, qui semble approximativement correspondre à l'isohyète de 300 mm de pluies annuelles, parvient au Maroc Oriental près de la Méditerranée, cependant qu'au Maroc Occidental, elle se situe bien plus au sud puisqu'elle va approximativement de Mogador à El Borouj.

De ce fait, le couloir de Taza (détroit sud-rifain) orienté de l'ouest à l'est, débouche à l'ouest dans la partie septentrionale plus ou moins maritime et humide du Maroc Occidental, à l'est sur une région encore continentale et aride du Maroc Oriental.

Le contraste est habituellement saisissant entre les deux contrées séparées par le Moyen-Atlas, lequel, condensant les nuées venues de l'ouest, constitue, suivant l'expression consacrée par HARDY et CÉLÉRIER, le véritable «château d'eau» du Maroc, où prennent naissance les principaux fleuves pérennes : Sebou et Oum er Rebia, qui coulent vers l'Océan ; Moulouya, qui se dirige vers la Méditerranée. La pérennité de ces oueds est une caractéristique du Maroc car, en Afrique du Nord, la plupart des cours d'eau sont à sec en été.



I. — *CARTE SCHEMATIQUE DU MAROC.*



II. — *CARTE SIMPLIFIEE DES PLUIES DU MAROC.*
d'après la carte établie et calculée pour la période 1926-1940 par le commandant ROUX, chef du Service de Physique du Globe et de Météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien

III. — *CROQUIS PHYTOGEOGRAPHIQUE DU MAROC.*

1. - Végétation désertique.
2. - Steppes et brousse du Maroc Oriental (alfa, armoise, pistacia atlantica), et brousse du Maroc Occidental (jujubier, acacia gummifera).
3. - Arganier (Argania spinosa).
4. - Brousse à olivier , lentisque et palmier nain (doum).
5. - Zone actuellement forestière (chêne-liège, chêne vert et zéen, thuya, cyprès, genévrier, pin et cèdre).
6. - Végétation asylvatique de haute montagne.

Ce croquis, très schématique, est inspiré de la « Carte Phytogéographique du Maroc », de Louis EMBERGER (1936), mais il est volontairement simplifié à l'extrême. On y a notamment groupé en une seule zone la plupart des étages forestiers de la montagne, schématisé les diverses zones de végétation en négligeant leurs enclaves et les détails de leurs contours, supprimé l'étroite bande steppique qui longe les zones forestières du Haut-Atlas et l'Anti-Atlas du côté du désert (jusqu'à la zone de l'arganier) et omis les couloirs à arganier qui bordent, jusqu'à leur confluent avec le Drâ, les oueds qui descendent de la pente méridionale de l'Anti-Atlas (zone de l'arganier).

L'étudiant et le lecteur ne sauraient se contenter d'un schéma aussi simplifié et ils doivent se reporter à la carte phytogéographique de L. EMBERGER, avec un commentaire du même auteur (« Aperçu général sur la végétation du Maroc »).

NOTA. — Le Maroc Espagnol et la partie ouest de l'Algérie ne sont pas compris dans ces croquis exclusivement consacrés à la zone française du Maroc.

II. — LA VEGETATION NATURELLE

Dans son remarquable « Aperçu Général sur la végétation au Maroc », accompagné de sa très belle carte phytogéographique du Maroc, le Professeur EMBERGER a effectivement distingué au sein du climat général méditerranéen, auquel se trouve soumis le Maroc, plusieurs types de climats : saharien (au sud de l'Anti-Atlas et du Maroc Oriental) ; aride et semi-aride sur les plateaux et dans les plaines ; subhumide et humide en montagne ; froid en haute montagne.

En corrélation avec ces diverses zones climatiques, et notamment avec la répartition des pluies et aussi des rosées maritimes, M. EMBERGER a délimité les diverses zones de végétation naturelle (d'ailleurs plus ou moins dégradée).

Dans la montagne, l'abondance des pluies, jusqu'à une certaine altitude, croît avec celle-ci, et les étages forestiers se succèdent (du bas vers le haut) : thuyas et genévriers rouges des contreforts encore relativement arides, chênes verts de l'étage subhumide (photo 1), cèdres de l'étage humide, puis genévriers thurifères du climat sec et froid de haute montagne.

Au-dessus, apparaît une végétation épineuse, éparse et rabougrie, et enfin, tout en haut, une végétation herbacée.

A l'est et au sud des barrières montagneuses, donc dans les régions qui sont isolées de la mer et qui sont soumises à l'influence saharienne, c'est le désert au sud, prolongé vers le nord par les plateaux du Maroc Oriental, qui forment une région de steppes, steppes d'alfa en terres siliceuses (photo 2) steppes d'armoise blanche dans les terres argileuses (photo 3). A cette zone se rattache également la vallée de la Moulouya.

Au Maroc Occidental, la végétation naturelle est souvent assez difficile à reconnaître à cause du travail de l'homme et, en outre, elle varie en fonction de la latitude, de l'altitude, de l'éloignement de la mer, c'est-à-dire de la répartition et de l'importance des pluies, de la douceur plus ou moins grande des hivers, de l'humidité atmosphérique relative de l'été et aussi de la nature du sol.

Dans les régions bien arrosées par les pluies se trouve la brousse à oliviers, lentisques et doum (palmier nain). La forme

la plus fréquente et la plus dégradée de cette brousse est la steppe à palmier nain (ph. 4) accompagné de plantes bulbeuses et herbacées à floraison brillante, l'ensemble formant une prairie de valeur fourragère restreinte, mais qui est très séduisante au début du printemps. Sur la carte d'EMBERGER, la brousse à oléo-lentisque et palmier nain couvre tout le nord du Maroc Occidental au sud du Rif et des Jbala, du Rharb jusqu'à Taza, et forme aussi une plage importante dans la Chaouia maritime et les Doukkala.

Entre ces deux vastes étendues et entre l'Océan et le Moyen-Atlas, se situe une zone où la nature du sol a provoqué le développement d'une végétation différente. Ce sont, dans les terres siliceuses voisines de Rabat, les forêts de chêne-liège à proximité relative de la mer et, à l'intérieur, le massif primaire usé des Zaers et des Zaïans, région d'élevage où l'on trouve des thuyas et des chênes verts, qui voisinent dans certains endroits avec le chêne-liège.

Au sud, où il pleut beaucoup moins, soit approximativement au sud de l'isohyète de 300 mm., on trouve tout d'abord une végétation très particulière qui longe la côte à partir de Safi, et qui envahit botaniquement l'arrière pays de Mogador, le Sous et une partie de l'Anti-Atlas ; il s'agit de l'arganier (photo 5), arbre de la famille tropicale des sapotacées, considéré au Maroc par les botanistes comme un véritable reliquat d'une très ancienne végétation. Très rustique, produisant des graines oléagineuses, fournissant du bois de chauffage et du charbon, servant même de pâturage pour les chèvres, il constitue une véritable richesse pour cette vaste zone déshéritée par son climat.

Enfin, au sud-est, vers Marrakech, dans la zone la moins arrosée du Maroc Occidental, la sécheresse du climat est assez comparable à celle du Maroc Oriental, mais la température y reste plus élevée l'hiver. La végétation naturelle, quand elle existe, y est faite de jujubier et d'acacia gommifère, et non pas d'alfa ni d'armoise.

Le jujubier (Zyziphus Lotus L.) n'est d'ailleurs pas limité à cette région, car on le trouve aussi au Maroc Oriental et en beaucoup d'autres endroits du Maroc (photo 6) et notamment dans les alluvions du Sebou et de ses affluents, où il est évidemment plus luxuriant.

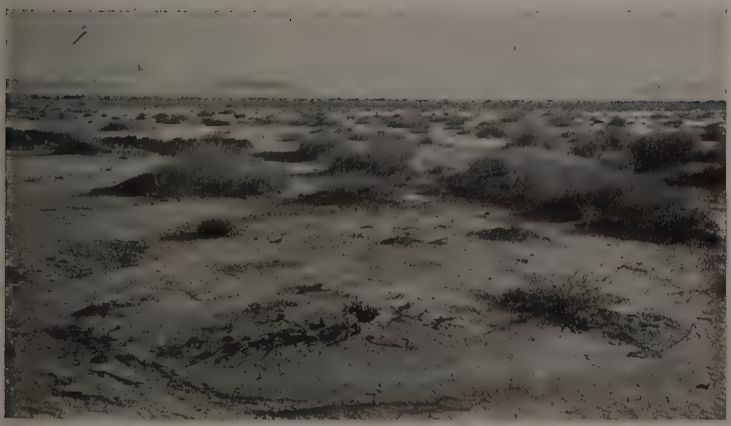
FORET DE CHENES-VERTS

MAROC ORIENTAL. STEPPE D'ALFA

MAROC ORIENTAL. STEPPE D'ARMOISE

STEPPE A PALMIER NAIN

SAVANE A ARGANIERS



STEPPE A JUJUBIERS

III. — VOCATIONS ET APTITUDES AGRICOLES

Ayant ainsi résumé, beaucoup trop succinctement et très schématiquement d'ailleurs, le travail du Professeur EMBERGER sur la végétation naturelle du Maroc, il devient possible, compte tenu de ce que nous savons du climat méditerranéen, et d'après la nature et la répartition de la végétation naturelle, de discerner quelles sont les vocations et aptitudes agricoles du pays.

En l'absence de toute modification profonde du milieu par l'homme, celles-ci se répartissent ainsi :

a) Dans la montagne, à côté des pentes érodées, des pâturages, des forêts et du maquis, et grâce à l'abondance des pluies et des sources, ainsi qu'au particularisme séculaire de ses habitants, restés foncièrement paysans et fortement attachés à la terre, les jardins et vergers sont relativement nombreux.

Les oliviers abondent dans certaines vallées, et l'on trouve de la vigne et des amandiers sur les pentes, parfois aussi des caroubiers, et enfin des noyers au bord des ruisseaux.

En outre, l'élevage local et la transhumance restreinte des troupeaux, en accord avec les populations des plaines voisines, jouent également un rôle important dans l'économie montagnarde.

b) A l'est et au sud des Atlas, les steppes du Maroc Oriental, qui prolongent vers le nord les immensités sahariennes, restent un pays de pasteurs nomades se livrant surtout à l'élevage du mouton et, plus au sud, à celui du dromadaire.

c) Dans la partie méridionale du Maroc Occidental, qui comprend les zones arides de l'arganier, du jujubier et de l'acacia gommifère, l'arganier lui-même est, sinon cultivé, tout au moins exploité. L'orge, céréale rustique par excellence, peut y donner sans irrigation quelques résultats, d'ail-

leurs aléatoires. Les chèvres forment le bétail caractéristique de la région des arganiers, tandis que les moutons trouvent, en hiver et au printemps, leur nourriture sur les plateaux steppiques de l'intérieur, notamment vers Oued-Zem.

d) Enfin, dans la partie centrale et septentrionale du Maroc Occidental (ainsi qu'à l'extrême-nord du Maroc Oriental), lorsque la nature du sol ne se prête pas à la culture, celle-ci fait place à la forêt (chênes-lièges des environs de Rabat, thuyas et chênes verts des Zaers et des Zaïans), aux plantations forestières (eucalyptus et acacias à tanin dans les terres siliceuses, à côté du chêne-liège), et à l'élevage, notamment à celui des bovins.

Mais partout ailleurs, c'est-à-dire sur toute l'aire du palmier nain, on retrouve, plus ou moins favorisées par l'humidité du climat, les vocations caractéristiques de la zone méditerranéenne : arbres et arbustes vivaces rustiques et cultures annuelles d'automne, auxquelles peuvent s'adjoindre quelques cultures de printemps à développement rapide.

Les arbres et arbustes vivaces sont principalement l'olivier, le figuier et la vigne. Les plantes annuelles d'automne comprennent des céréales (blé, orge), des légumineuses alimentaires (fèves, pois, lentilles) et fourragères (vesces), et quelques espèces diverses (lin oléagineux, coriandre, carthame, etc.) Enfin, on y trouve des cultures de printemps : céréales (maïs, sorgho, millet) et légumineuses (pois chiches).

On y fait aussi de l'élevage dans les marais du Rharb et dans toutes les parties non ou imparfaitement défrichées de la steppe à palmier nain.

Il convient à ce sujet de noter que le palmier nain aime les terres profondes et redoute à la fois la sécheresse et l'excès d'humidité. Il forme en réalité au Maroc une aire continue (1) qui, débordant des grandes plages de brousse à déo-lentisque et palmier nain, occupe pratiquement toute la moitié nord du Maroc Occidental, ainsi que la région de Berkane, au nord du Maroc Oriental, et toute la frange occidentale du Moyen et du Grand-Atlas. Les exigences écologi-

(1) Voir L. EMBERGER : Aperçu général sur la végététation du Maroc, p. 150 à 153.

ques du palmier nain sont telles que son aire est également celle qui convient le mieux à l'extension des plantes cultivées.

Mais les aptitudes agricoles actuelles de cette aire ne résultent pas seulement de l'action du climat. Elles sont aussi le fait de l'homme.

A ce sujet, la belle étude de M. Henri TERRASSE, directeur de l'Institut des Hautes-Etudes Marocaines, « L'ancien Maroc, pays d'économie égarée », révèle que le Maroc Occidental antéislamique était avant tout, et au moins dans sa moitié septentrionale, un pays tranquille et prospère, de polyculture et notamment d'arboriculture.

Les remous provoqués par l'extension de l'Islam troublèrent progressivement cette économie bien équilibrée, mais c'est aux grandes invasions bédouines du XIII^me^ siècle, ainsi qu'à leurs conséquences prolongées, qu'il conviendrait d'imputer l'établissement, dans les plaines et sur les plateaux fertiles du Maroc Occidental, du nomadisme bâtard et paradoxal de ses habitants qui, par le mépris de l'arbre et de la charrue, a conduit à la disparition des vergers et à la priorité de l'élevage, avec le seul maintien de maigres et indispensables cultures de céréales.

Toutefois, si l'homme semble, hélas ! avoir ainsi réduit dans le passé les aptitudes agricoles du pays, il peut heureusement et inversement les améliorer par de meilleurs systèmes de culture et d'assolements et par le perfectionnement de son travail.

Il peut même élargir les aptitudes naturelles par divers procédés et parvenir à tirer un utile parti des zones les plus défavorisées par le climat.

IV. — L'ELARGISSEMENT DES APTITUDES AGRICOLES

Les aptitudes agricoles peuvent être élargies ou obtenues quand elles n'existent pas grâce à l'ingéniosité et au travail de l'homme.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de parler du choix judicieux par l'agriculteur de types perfectionnés

et adaptés de végétaux cultivés ou à cultiver, bien que ce choix permette par lui-même d'accroître considérablement le potentiel agricole du pays. Mais il n'est ici question que des modifications volontaires du milieu qui ont généralement pour objet de pallier la pénurie d'eau ou de protéger les cultures de l'action du vent, parfois aussi de lutter contre le froid et quelquefois contre l'excès d'eau.

A) POUR PALLIER LE MANQUE D'EAU. — L'homme met en œuvre deux méthodes :

a) La première est l'aridoculture, qu'on appelle en anglais « dry farming », c'est-à-dire la culture sèche qui fut d'ailleurs, semble-t-il, innovée à l'origine par les colons d'Algérie et perfectionnée par la suite en Tunisie. Elle consiste essentiellement à soumettre la terre, avant les semailles de céréales, à une année de jachère travaillée au cours de laquelle on multiplie les labours préparatoires d'hiver et de printemps, avec des façons superficielles plus ou moins nombreuses durant toute l'année.

On admet pouvoir ainsi emmagasiner dans le sol, en faveur de la seule culture suivant la jachère, l'eau provenant des pluies de deux campagnes consécutives (jachère et blé). Des études plus récentes semblent indiquer que ce n'est peut-être pas là la véritable raison de l'action utile de cette technique; mais, quoi qu'il en soit, il est bien certain que celle-ci a permis l'extension des céréales dans la zone aride des hauts-plateaux algériens par exemple, et qu'elle a beaucoup contribué chez les colons de Tunisie, puis du Maroc, à la régularisation des rendements de blé. Elle semble particulièrement convenir aux régions dont la moyenne pluviométrique annuelle est, au Maroc, inférieure à 500 millimètres.

b) La seconde méthode susceptible d'être employée pour modifier, d'ailleurs beaucoup plus profondément, le milieu et les cultures qu'on peut y introduire, c'est l'irrigation, en général indispensable au Maroc pour toutes les cultures dans les zones où la moyenne des pluies annuelles reste inférieure à 300 millimètres.

Il faut en premier lieu citer l'exemple des oasis (photo 7) du Maroc méridional et saharien qui, moins prospères qu'au temps des caravanes, conservent cependant le caractère agri-

OASIS

cole qu'elles ont eu de tout temps. Elles sont peuplées de paysans sédentaires travaillant et luttant avec âpreté pour tirer parti de l'eau d'irrigation qui est nécessaire aux palmeraies comme aux cultures vivrières (blé, orge, quelques légumes) et fourragères (luzerne).

Nous avons vu d'autre part que les montagnards, grâce aux sources et aux ruisseaux, irriguent depuis des siècles leurs cultures d'été (maïs, par exemple) et surtout leurs jardins et vergers. Enfin la pérennité des principaux fleuves due à l'abondance relative des pluies a autorisé la conception d'un très vaste programme d'équipement hydraulique du pays, qui permettra de mettre en valeur, dans les grandes plaines, d'importants périmètres irrigables, dont voici le résumé, emprunté au « Lexique de l'Economie Marocaine » (août 1948).

Sont déjà utilisés :

1°) L'important barrage du Beth, à El-Kanséra, d'une capacité de 227 millions de m3, mis en service en 1935 et qui permettra d'irriguer 30.000 hectares entre Sidi Slimane et Petitjean.

2°) Le barrage Cavagnac sur l'oued N'Fis, à 40 kms au sud-ouest de Marrakech, d'une capacité de 50 millions de m3, terminé en 1935 et qui peut irriguer 30.000 hectares dans la plaine du Haouz.

3°) Le barrage de l'Oued Mellah, terminé en 1931 et surélevé en 1940, à 30 kms à l'est de Casablanca, d'une capacité de 20 millions de m3 et qui assure l'irrigation de 700 hectares maraîchers aux environs de Casablanca.

4°) Le barrage de Si Saïd Machou sur l'Oum-er-Rebia, destiné uniquement à la production d'énergie électrique.

5°) Le barrage de dérivation de Kasba-Tadla sur l'Oum-er-Rebia, qui commande l'irrigation de la plaine des Beni-Amir où 15.000 hectares sont déjà cultivés sur un total irrigable de 50.000 hectares.

L'utilisation d'autres barrages est en projet :

1°) Le barrage de Bin-el-Ouidane sur l'Oued el Abid, affluent de rive gauche de l'Oum-er-Rebia. Ce barrage qui

aura 100 mètres de hauteur aura une capacité de 1 milliard de m3. Il fait partie d'un ensemble comprenant la construction d'un deuxième barrage aux Aït-Ouarda, à une vingtaine de kilomètres en aval du premier, destiné à relever le plan d'eau et à alimenter un souterrain de 11 kilomètres qui dérivera les eaux vers la plaine des Béni-Moussa.

Avant d'être utilisées pour l'irrigation, les eaux seront turbinées sous une hauteur de 220 mètres par l'usine hydro-électrique d'Afourer. Le périmètre irrigable compte 80.000 hectares.

2°) Le barrage d'Im-Fout sur l'Oum-er-Rebia, situé à 20 kilomètres en aval de Mechra ben Abbou. Ce barrage d'une hauteur actuelle de 38 mètres, retient 90 millions de m3. Il est destiné à la production d'énergie électrique et à l'irrigation d'une première tranche de 90.000 hectares de la plaine des Abda-Doukkala. Ce barrage sera surélevé quand le besoin sera prouvé d'assurer l'irrigation de 120.000 hectares supplémentaires.

3°) Le barrage de Daourat, sur l'Oum-er-Rebia, aux environs de Bou-Laouane, pour la production d'énergie électrique.

4°) Le barrage de Mechra Homadi sur l'Oued Moulouya, construit en accord avec les autorités espagnoles. Ce barrage permettra de dériver vers la plaine des Triffa (30.000 hectares) la part du débit de l'Oued Moulouya revenant à la zone française.

Ultérieurement, un barrage de retenue sera vraisemblablement construit à Mechra Klila.

5°) Les barrages à l'étude sur l'Oued Tessaout et l'Oued El Akhdar destinés à régulariser les irrigations de la région d'El-Kelâa des Srarhna, et à permettre le renforcement des débits nécessaires à l'irrigation des plaines des Mesfioua et du Haouz à Marrakech.

6°) Le barrage également à l'étude de Mélaïna sur l'Oued Sebou et celui de l'Oued Ouergua dont l'emplacement définitif n'est pas encore arrêté, destinés à régulariser les débits de ces deux oueds afin d'éviter leur débordement dans la plaine du Rharb.

TERRES NON IRRIGUEES PRES DE MARRAKECH (17 Avril 1946)

TERRES IRRIGUEES (vergers d'agrumes) PRES DE MARRAKECH (17 Avril 1946)

L'irrigation peut également être réalisée par pompage dans la nappe phréatique, à Berkane par exemple, ou dans les cultures maraîchères des environs de Casablanca, de Mazagan, d'Agadir.

C'est par l'irrigation qu'on obtient la transformation la plus profonde, la plus éclatante du milieu et des cultures qu'on peut y conduire. Les photographies 8 et 9 sont frappantes à ce sujet; la première montre la plaine des environs de Marrakech (Soueilah) en avril 1946 en territoire non irrigué, la seconde a été prise le même jour à côté de la première, dans une propriété aux terres analogues mais que l'irrigation a permis de transformer en un superbe verger d'agrumes.

Partout au Maroc l'irrigation est d'ailleurs indispensable à la création des vergers d'agrumes, ainsi qu'à la culture de la luzerne et aussi de certaines plantes industrielles : chanvre, canne à sucre, ramie, sésame, indigo.

Il faut cependant savoir que l'irrigation n'est pas sans danger pour la conservation des terres en bon état physico-chimique et que son usage exige de sérieuses précautions de la part des agriculteurs.

B) CONTRE LE VENT, qui nuit à certaines cultures par son action mécanique sur les végétaux, sur le sol, et plus encore par son effet desséchant, les agriculteurs disposent des brise-vents, brise-vents morts et de petite taille dans les cultures maraîchères de sols sableux, brise-vents vivants et de haute taille (cyprès, casu-arinas) autour des vergers d'agrumes et des autres plantations fruitières.

C) CONTRE LES EXCES D'EAU ou plutôt contre la stagnation de celle-ci, on procède actuellement à de vastes travaux d'assainissement par drainage des marais du nord du Maroc (Rharb).

Il ne faut par ailleurs jamais oublier que l'on ne doit jamais soumettre à l'irrigation un périmètre jusqu'alors uniquement consacré à la culture en sec sans avoir au préalable étudié et résolu le problème de son drainage, afin d'éviter surtout la remontée dangereuse de la nappe phréatique et tous les inconvénients susceptibles d'en découler.

D) Enfin, il convient de signaler le curieux dispositif de la bananeraie de M. GERMAIN, dans le Sous, conduite sur plusieurs hectares, à l'irrigation bien entendu, mais sous une véritable cage de grillage à mailles très fines, qui a pour effet de protéger la plantation des vents trop violents et desséchants et de la mettre à l'abri des abaissements excessifs de température, tout en la maintenant en atmosphère humide (voir photos 10 et 11).

V. — LES SPECULATIONS AGRICOLES

Connaissant maintenant les aptitudes agricoles du pays, naturelles ou susceptibles de lui être conférées par l'homme, il convient à présent de brosser un rapide tableau de la nature et de la répartition actuelle des diverses cultures au Maroc. L'une et l'autre sont fonction :

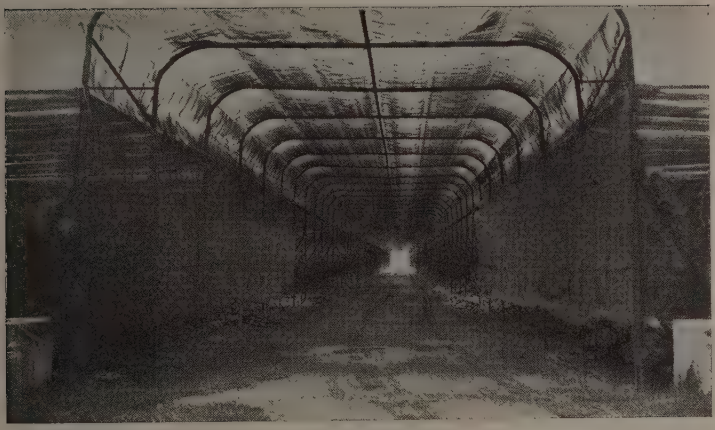
a) des possibilités naturelles ou acquises du milieu;

b) des besoins du pays, qu'il faut d'abord alimenter et aussi faire vivre économiquement par la recherche de l'équilibre de sa balance commerciale;

c) des moyens de travail, très réduits chez la plupart des cultivateurs marocains, et beaucoup plus puissants chez les colons européens grâce à l'apport de capitaux bien plus importants et à la motorisation généralement très poussée des exploitations.

Il y a, de ce fait, au Maroc, comme dans toute l'Afrique du Nord, deux types bien distincts de culture, celle des fellahs et celle des colons.

La première est sommaire mais elle est relativement peu coûteuse. Comme elle manque de possibilités de défrichement et de labours profonds, l'indigène se livrait, et se livre toujours, à l'élevage non seulement sur les hauts-plateaux orientaux, dans la montagne forestière, et dans les forêts de plaine comme la Mamora, mais aussi dans la brousse occidentale à doum et dans le maquis de jujubier, qu'il ne pouvait défricher. Quand ses terres ne sont pas trop encombrées de



ENTREE DE LA BANANERAIE SOUS GRILLAGE (*Sous*)

BANANERAIE SOUS GRILLAGE (*Sous*)

doum ou de jujubier, il procède à des cultures primitives surtout de céréales, dans les plaines, sur les plateaux, et même sur les pentes montagneuses.

La seconde, c'est-à-dire la colonisation européenne, qui dispose de moyens financiers et matériels beaucoup plus puissants, a débuté au Maroc tout d'abord par le Maroc Oriental, à cause de la proximité de l'Algérie, puis après les premiers débarquements en Chaouïa, elle a suivi les étapes de la pacification, de Casablanca vers Rabat, le Rharb, Meknès et Fès d'une part, vers la Chaouïa, les Doukkala, les Abda, Marrakech et le Tadla d'autre part, puis enfin jusque dans le Sud.

Elle s'est étendue surtout dans la moitié nord du pays, c'est-à-dire dans les régions planes et relativement pluvieuses qui permettent plus aisément la conduite quasi-industrielle de cultures rémunératrices et où les propriétaires marocains cédaient volontiers les terres couvertes de palmiers nains et de jujubiers, terres dont ils ne pouvaient eux-mêmes tirer parti autrement que par un élevage relativement maigre, mais que les colons ont ensuite transformées, non sans peine ni difficultés, par le défrichement et la culture.

La colonisation a aussi gagné dans le sud et l'on en trouve du côté de Mazagan et de Safi des noyaux prospères où l'on applique des techniques très perfectionnées d'aridoculture.

Enfin le programme de mise en valeur par l'irrigation ouvrira aux fellahs et aux colons de nouvelles zones de culture riche.

* * *

L'importance respective des diverses cultures et spéculations agricoles est indiquée dans les tableaux II, III et IV.

Leur répartition est, dans ses grandes lignes, la suivante, très sommairement récapitulée :

Le blé dur, répandu d'ailleurs dans tout le Maroc, est surtout cultivé dans les zones du palmier nain qu'il partage maintenant, et principalement dans celle du nord, avec le

blé tendre. Celui-ci n'était pas cultivé au Maroc avant l'instauration du Protectorat ; il a pris ensuite une importance grandissante.

L'orge, qui est la céréale du pays par excellence, est beaucoup plus rustique que le blé et moins exigeante. C'est elle qui autrefois sauvait bien souvent le Maroc de la disette : on la trouve dans les mêmes zones que le blé, mais elle en déborde largement et elle règne en priorité sur les plateaux de climat difficile du Maroc central, du côté de Oued Zem, ainsi qu'au Maroc oriental et, au Sud, dans la zone de l'arganier.

L'avoine a beaucoup moins d'importance. Elle n'était pas cultivée avant l'installation du Protectorat et elle a suivi dans son extension la marche de la colonisation, au Maroc Oriental d'abord, puis dans les environs très colonisés de Meknès et de Casablanca.

Le seigle est peu cultivé; il est cependant connu des montagnards du Rif, et maintenant les colons le cultivent un peu dans les terres sableuses de la côte.

Le maïs, par contre, est très important au Maroc; on le trouve surtout dans les Doukkala, c'est-à-dire dans la zone méridionale du doum, immédiatement au nord de la zone de l'arganier et, en culture irriguée, sur tous les contreforts de la montagne, notamment du Grand-Atlas, et aussi au Moyen-Atlas. Il y en a peu dans les chaînes du nord Rif et Jbala, mais on en trouve dans le Sous.

On ne le cultive guère dans la moitié nord du Maroc, où le sorgho est, par contre, très cultivé. Le millet est un peu cultivé dans les terres légères des zones du doum, près de la mer.

Les légumineuses, fèves, petits pois, pois chiches sont surtout répandues dans la zone septentrionale du doum ainsi que le lin, cultivé principalement dans les terres fortes de la Chaouïa et du Rharb.

Il existe aussi maintenant quelques centaines d'hectares d'autres plantes industrielles, soit, en cultures non irriguées : tournesol, carthame, colza et pavot, et à l'irrigation : chanvre, coton, un peu de ramie.

TABLEAU II

Importance approximative des cultures (en hectares)

(Statistiques 1928 à 1948 - celles de 1939 à 1943 sont incomplètes)

Les surfaces croissent ou décroissent d'une année à l'autre, suivant les fluctuations climatiques et les conjonctures économiques. Les chiffres des 4e et 5e colonnes indiquent approximativement, et sauf erreurs dues à l'absence de certaines statistiques, les extrêmes atteints durant la période de 1928 à 1948. Les surfaces des cultures européennes se sont évidemment accrues depuis l'établissement du Protectorat, en fonction de l'extension de la colonisation.

	1937-1938			TOTAUX EXTREMES	
	CULTURES Européennes	CULTURES Marocaines	TOTAUX	MINIMUM	MAXIMUM
Orge	53.600	1.627.700	1.681.300	1.011.000 (1946)	2.199.000 (1941)
Blé dur	25.400	812.500	837.900	602.000 (1946)	1 119.000 (1935)
Blé tendre	136.200	239.300	375.500	219.000 (1928)	588.000 (1940)
Avoine	44.900	3.500	48.400	22.700 (1932)	59.000 (1939)
Alpiste	4.500	23.400	27.900	3.500 (1934)	28.000 (1938)
Seigle	260	3.180	3 440	840 (1930)	5.600 (1940)
Maïs	16.000	445.700	461.700	242.000 (1928)	528.700 (1948)
Sorgho	4.900	141.000	145.900	80.700 (1929)	181.600 (1946)
Millet	900	21.800	22.700	4.900 (1930)	32.000 (1941)
Fèves	16.000	40.700	56.700	26.300 (1946)	69.000 (1935)
Pois	30.000	3.800	33.800	5.800 (1928)	60.000 (1948)
Lentilles	1.700	13.800	15.500	4.090 (1928)	18.100 (1937)
Pois chiches	6.500	35.700	42.200	28.600 (1932)	64.000 (1944)
Lin	5.800	17 000	22.800	12.100 (1933)	37.800 (1945)
Coriandre	170	8.600	8.770	560 (1945)	24.000 (1929)
Fenugrec	70	4.200	4.270	1.000 (1945)	5.300 (1937)
Cumin	120	1.700	1.820	120 (1946)	7.300 (1930)
Haricots	520	250	770	170 (1929)	5.900 (1948)
Cultures maraîchères	7.500	14.000	21.500	12.500 (1929)	54.100 (1946)
Cultures fourragères	9.600	22.700	32.300	11.400 (1928)	39 300 (1936)

TABLEAU III

Arbres Fruitiers

	PLANTATIONS		TOTAUX
	Européennes	Marocaines	
	1928		
Vigne européenne en hectares	4.000	25	4.025
Vigne indigène en pieds	126.500	12.962.500	13.089.000
Oliviers	196.000	4.570.000	4 766.000
Amandiers	15.100	1.359.700	1.374.800
Palmiers	19.500	471.900	491.400
Orangers et citronniers	32.600	208.900	241.500
Cerisiers, pommiers, noyers ..			
Grenadiers			
Figuiers et autres arbres	113.000	4.232.700	4.345.700
	1945		
Vigne européenne en hectares	17.660	280	17.940
Vigne indigène en pieds	316.500	22.015.400	22.331.900
Oliviers	862.000	8.388.800	9.250.800
Amandiers	454.200	7.219.400	7.673.600
Palmiers	17.000	2.905.900	2.922 900
Orangers et citronniers	2.518.700	848.200	3.366.900
Cerisiers, pommiers, noyers ..	220.200	393.800	614 000
Grenadiers	2.900	676.600	679.500
Figuiers et autres arbres	631.900	7.913.800	8.545.700

N. B. — *Les statistiques indiquent le nombre de pieds (sauf pour la vigne en culture européenne, qui est recensée en hectares). Il convient de remarquer le développement continu et important des plantations de 1928 à 1945, chez les agriculteurs marocains comme chez les colons. Toutefois, la faiblesse extrême des chiffres de 1928 peut résulter, en partie, notamment pour les palmiers, du caractère incomplet des statistiques à une époque où la pacification du pays n'était pas achevée.*

TABLEAU IV

ANIMAUX

Importances approximatives des effectifs animaux

(1937-1938)

	ELEVAGE EUROPEEN	ELEVAGE MAROCAIN	TOTAUX
Chameaux	1.020	146.400	147.420
Equidés Chevaux ...	10.700	180 900	191.600
Equidés Mulets	12.400	130.700	143.100
Equidés Anes	4.000	627.000	631.000
Bovins	92.800	1.819.500	1.912.300
Ovins	300.200	9.861.900	10.162 000
Caprins	45.600	5.754.800	5.800.400
Porcins	53.670	370	54 040

Les effectifs des troupeaux croissent ou décroissent d'une année à l'autre suivant les fluctuations climatiques et les conjonctures économiques. Les effectifs des troupeaux des colons se sont évidemment accrus depuis l'établissement du Protectorat en fonction de la colonisation.

On trouve des cultures maraîchères près de toutes les villes et des cultures de primeurs pour l'exportation au voisinage des ports, notamment autour de Casablanca et, maintenant, près d'Agadir.

Enfin les cultures arbustives prennent une importance régulièrement et rapidement croissante au Maroc. On trouve des vergers de figuiers dans tout le pays, mais surtout dans la région de Fès. Les oliviers sont très répandus dans toute la zone naturelle de la brousse à palmier nain et à oléolentisques, et aussi dans les vallées des contreforts montagneux du nord du Maroc, ainsi que dans la région de Marrakech où il faut les irriguer.

Les amandiers, en grande majorité dans le Sud (région de Marrakech), se trouvent en montagne et sur les plateaux; les noyers surtout dans l'Atlas, en bordure des ruisseaux.

On trouve des grenadiers un peu partout et surtout dans la région de Marrakech.

Enfin la vigne, cultivée de tout temps pour la table par les Marocains s'est répandue dans toute la zone du palmier nain (y compris Mazagan), et aussi vers Marrakech.

C'est une plante qui vient très bien, à condition de la traiter sérieusement contre les maladies cryptogamiques. Elle est tout à fait à sa place au Maroc, mais son développement en culture européenne pour la fabrication du vin s'est heurté dans le passé au souci de ne pas concurrencer les productions vinicoles de France et d'Algérie.

Les agrumes ont pris depuis quelques années une importance croissante et les plantations s'étendent partout où l'hiver est assez doux et où l'on peut irriguer des terres franches et profondes, en particulier dans les terres alluvionnaires.

La production des dattes est cantonnée aux oasis, où le dattier trouve à la fois l'atmosphère sèche qui lui plaît et l'eau d'irrigation dont il a besoin.

L'élevage utilise surtout des milliers d'hectares de terrain de parcours, mais il existe cependant de véritables cultures fourragères, les unes irriguées, les autres non. En culture sèche on trouve l'ers ou kersana, chez les fellahs du Nord, et la

vesce chez les colons. Ces cultures irriguées comprennent du bersim (trèfle d'Alexandrie, qui peut en certains cas se passer partiellement d'irrigation) et surtout la luzerne.

La population animale d'élevage est importante, souvent même trop pour les pâturages naturels qui sont alors surchargés. C'est que l'éleveur marocain considère son troupeau comme le meilleur placement de sécurité. Cette pratique l'expose, certaines années, surtout lorsqu'il ne pleut pas assez, à de très graves mécomptes à cause de la disette qui détruit alors en plus ou moins grande partie son troupeau.

L'élevage du mouton est pratiqué à peu près dans tout le pays, notamment dans les steppes du Maroc Occidental, et, sur une grande échelle, sur les plateaux du Maroc Oriental. Par contre, il est assez peu répandu au Sud, dans la zone de l'arganier, où il cède la priorité à celui des chèvres.

La chèvre, qui est à peu près exclue des régions de culture vraiment productive, est en effet un animal rustique qui rend de très grands services à l'éleveur indigène de la zone relativement pauvre de l'arganier, et aussi dans les maquis du Rif et de l'Atlas, mais non sans inconvénients graves pour le maintien de la végétation, et par conséquent pour la lutte contre l'érosion des pentes montagneuses.

Les bovins et les chevaux, beaucoup plus exigeants, sont nombreux dans les zones du palmier nain et dans l'arrière-pays de Rabat. Les ânes existent dans tout le Maroc. Les mulets, plus résistants que les chevaux, sont élevés dans les mêmes régions que ceux-ci, mais aussi dans la zone plus rude de l'arganier.

L'élevage du porc a été introduit au Maroc par la colonisation, soit tout d'abord pour tirer un premier parti des terres en cours de défrichement ou de mise en culture, soit, par la suite, sous forme de spéculation conduite à plus grands frais pour alimenter les villes et les usines de conserves. C'est un élevage qui, pour des raisons économiques, subit d'ailleurs des fluctuations souvent brutales

VI. — CONCLUSION

En résumé, ce qu'il faut surtout retenir du présent exposé, c'est l'originalité propre du bassin méditerranéen, la situation particulière de l'Afrique Mineure dans ce bassin et, enfin, les caractères climatiques spéciaux du Maroc, qui sont dûs à la proximité de l'énorme Océan Atlantique et à l'existence de hautes barrières montagneuses, conditions qui favorisent en certaines régions la réussite des cultures annuelles et celles des arbres ou arbustes vivaces, tout en accordant à l'homme d'importantes possibilités d'irrigation.

Mais, en dépit de ces caractères qui lui confèrent sa propre originalité, le Maroc se montre formé de régions très diverses du fait des différences d'altitude, de latitude, de relief, de situation géographique et de sols.

La végétation naturelle et les cultures varient en effet en fonction de la pluviométrie et des températures, ainsi que de la nature du sol.

Mais à peu près partout, quoique à des degrés divers, et malgré sa situation privilégiée, le Maroc reste un pays où le climat rude et contrasté, avec des pluies très irrégulières, rend les récoltes aléatoires quand les moyens de travail de la terre par les agriculteurs sont faibles.

Par contre, la mise en œuvre de techniques agricoles perfectionnées, la mise en valeur des périmètres irrigables, peuvent permettre de réaliser des cultures productives et de réussite plus régulière, à condition de les conduire rationnellement, ce qui est souvent difficile dans un pays encore dépourvu d'expérience et de routine en la matière.

Le besoin de compléter l'expérience des colons européens, le désir de perfectionner la culture indigène, et enfin le souci d'adapter la production du Maroc aux conditions économiques démographiques et sociales de l'après-guerre, ont posé et poseront encore de nombreux problèmes qui

seront à résoudre par les chercheurs, les expérimentateurs, les techniciens, les agriculteurs et les administrateurs, tous concourant d'un même effort à la prospérité du pays et au mieux-être de ses habitants.

Rabat, le 10 novembre 1948.

Georges GRILLOT.

BIBLIOGRAPHIE

G. Hardy et J. Célérier — Les grandes lignes de la géographie du Maroc. Editions du Bulletin de l'Enseignement Public du Maroc. 1922.

N. Bayssière — Géographie du Maroc - Paris 1936.

Commandant Roux — Carte de la moyenne annuelle des précipitations (1926-1940). Documents météorologiques publiés par le Service de Physique du Globe et de Météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien.

Louis Emberger — Aperçu général sur la végétation du Maroc (commentaire de la carte phytogéographique du Maroc - Mémoire de la Société des Sciences Naturelles du Maroc - 1938.)

H. Terrasse — L'ancien Maroc, pays d'économie égarée - Rabat 1947.

Bœuf et Novikoff — Cultures en cases de végétation et en cases lysimétriques au Service Botanique et Agronomique de Tunisie (Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie - 1935-1936).

G. Grillot et G. Bryssine — Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc - Conférence de Pédologie Méditerranéenne, Alger - Mai 1947.

Lexique de l'Economie Marocaine - Août 1947.

Documents, statistiques du Service des Impôts (Direction des Finances).

Tableaux de statistique graphique Marocaine. 1er volume - Secrétariat général du Protectorat - Rabat.

Statistique du Service Agricole Général (Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts - Division de la Production Agricole).

Georges BRYSSINE

Les facteurs climatiques de la pédogénèse au Maroc

Les facteurs climatiques de la pédogénèse au Maroc

INTRODUCTION

Les facteurs climatiques jouent un rôle important, sinon prédominant, dans la formation et l'évolution des sols. Ils déterminent, d'une part, la vitesse et l'énergie de la transformation des minéraux de la roche-mère et, d'autre part, la possibilité de déplacements des produits transformés, soit vers le haut, soit vers le bas des profils.

Leur connaissance nous permet d'expliquer les processus de pédogénèse des sols, de contrôler nos déductions, d'interpréter les résultats d'étude et d'éviter de commettre des erreurs dans la définition du type du sol, fait très fréquent, car on a trop souvent tendance à appliquer les mêmes dénominations à des sols ayant quelques caractères communs, sans tenir compte des conditions locales. C'est surtout à craindre dans les pays neufs, comme le Maroc.

La détermination des conditions de formation des sols par l'étude classique et la comparaison des climats s'avère très difficile, laisse d'ailleurs beaucoup de place à l'incertitude et ne donne pas d'indication, d'une part, sur les conditions de transformation des minéraux de la roche-mère, d'autre part, sur le sens et l'importance des déplacements des produits transformés, c'est-à-dire n'indique pas la marche probable des processus de pédogénèse des sols.

L'emploi des divers indices climatiques connus jusqu'à présent, et qui sont basés sur les rapports entre pluviométrie et température, ne donne pas non plus de réponses satisfaisantes à ce sujet. Ces indices (1) permettent bien de classer des sols au point de vue géographique et **d'indiquer nettement les conditions climatiques de lessivage,** mais cela d'une manière peu précise et trop générale. D'ailleurs, des climats différents peuvent avoir des indices semblables, ainsi que l'indique le tableau 1 ci-joint.

TABLEAU I.

Comparaison de quelques indices d'aridité (Ar.)

REGIONS	SOLS	Ar.
Moscou (Russie)	Sols podzoliques	38,4
Léopoldville (Congo)	Sols latéritiques	40,5
Berlin (Allemagne)	Sols bruns forestiers	31,3
Samara (Russie)	Tchernozem dégradé	27,5
Fort Worth (U.S.A.)	Sols podzoliques rouges et jaunes	27,6

Au Maroc, l'indice d'aridité Ar varie dans la zone atlantique entre 7,4 (partie méridionale) et 20,0 (partie septentrionale) ; ces chiffres semblent indiquer, d'après la classification de de Martonne, un climat semi-aride. Pourtant, les sols du Maroc sont rouges (donc, formés sous un climat relativement humide) et de plus, ils sont nettement lessivés, au moins dans la partie Nord du pays. L'existence des sols à

(1) *Coefficient de Lang — P/T.*
» *de Mayer — P/S.*
Indice d'aridité de Martonne Ar = P/T + 10.

croûte, par contre, fait penser aux mouvements ascendants des solutions du sol au cours de l'année ou, du moins, au remaniement sur place d'éléments de la roche-mère.

De plus, **ces indices** qui symbolisent l'état du climat, **ne font pas ressortir l' « énergie » du climat** et, par conséquent, ne renseignent pas sur les conditions climatiques de transformation des minéraux des roches-mères, notion indispensable pour préciser les processus de pédogénèse du sol.

Toutes ces considérations nous ont amené à rechercher une méthode de comparaison des différents climats en nous servant des indices connus, en particulier celui de Lang Fp = P/T et en ajoutant un autre indice pour caractériser cette énergie climatique, afin de situer ensuite le climat marocain parmi d'autres climats du monde et préciser les conditions climatiques de formation des sols au Maroc.

Pour caractériser l'énergie « climatique », nous avons choisi l'indice Ec = PxT, parce que l'action dissolvante de l'eau varie avec la température. La dégradation des roches, pour une pluviométrie donnée, augmente avec l'élévation de la température et pour une température donnée, elle varie dans le même sens que la pluviométrie.

I) — ÉTUDE GÉNÉRALE DES INDICES CLIMATIQUES

Méthode employée. — Pour résoudre ces questions, nous avons employé la méthode graphique. Pour cela, nous avons porté sur l'axe des abcisses la pluviométrie moyenne annuelle, et sur l'axe des ordonnées la température moyenne annuelle de différentes stations (voir graphique I). Cinquante-deux stations marocaines sont représentées de cette manière sur notre graphique. En outre, nous avons complété celui-ci par d'autres stations situées dans les pays où les climats, quoique assez variés, présentent des analogies avec le climat marocain.

France (climat des sols bruns forestiers et des sols rouges méditerranéens).

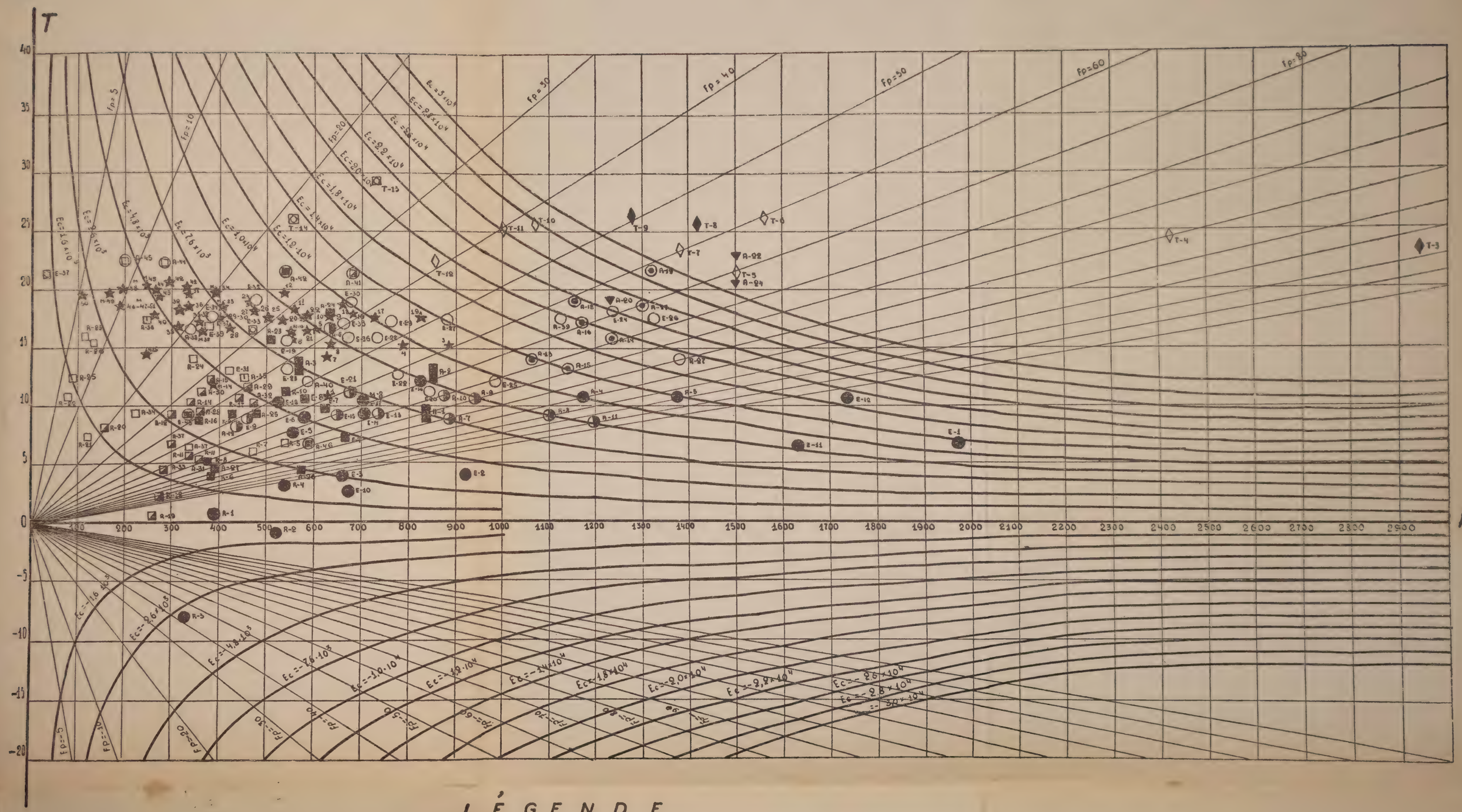
Russie (climat désertique - centre-asiatique et méditerranéen).

U.S.A. (climat désertique Colorado, Arizona, Californie, climat des sols podzoliques rouges et jaunes).

Enfin, à titre de comparaison, nous avons ajouté quelques stations de l'Europe (sols podzoliques, sols bruns et rouges méditerranéens) et de l'Afrique Equatoriale (sols rouges, sols latéritiques, sols des savanes).

Les noms de toutes les stations sont suivis, dans la mesure du possible, de l'indication du type de sol de la région (voir les tableaux II, III, IV, V, VI ci-après).

Schéma des relations pédo-climatiques



LÉGENDE

- sols podzoliques
- sols bruns forestiers.
- sols „rouges méditerranéens."
- tchernozem
- sols châtains et bruns steppiques
- sols gris désertiques.
- sols podzoliques jaunes et rouges des Etats Unis.
- sols bruns rouges désertiques
- sols rouges désertiques
- sols de prairies
- „bogsoils" (marécageux)
- sols latéritiques
- latérites
- postes marocains

TABLEAU II

CARACTERES DU CLIMAT

ZONES			N°	POSTES P	Altitude	MOYENNES ANNUELLES P	T	P/T	P×T	SAISON SECHE Durée	Mois	SAISON HUMIDE Durée	Mois	P/T
ZONE I. MONTAGNEUSE	CHAINE ATLASIQUE (moyenne et haute)	SOMMETS ELEVES M.A.	1	Bekrit	2 000	637	10,5	60,6	6.700	3	Juil.-Sept.	9	O.-J.	126
		SOMMETS ELEVES M.A.	2	Dayet Ach eff	1.760	694	10,8	64,0	7.500	3	Juil.-Sept.	9	O.-J.	135
		SOMMETS MOYENS M.A.	3	Azrou	1 250	881	15,0	58,0	13.400	3	Juil.-Sept.	9	O.-J.	86
		SOMMETS MOYENS Z. M.A.	4	Oulmès	1.260	791	15,0	52,6	11.900	3	Juil.-Sept.	9	O.-J.	113
		BORDURE Extr. W.	5	Moulay Bou Azza	1 300	609	16,6	36,6	10 100	4	J.-S.	8	O.-M.	72
		BORDURE Z. M.A.	6	Azilal	1.429	585	15,5	37,7	9.100	4	J.-S.	8	O.-M.	74
		VERSANTS Atlantique	7	El Hajeb	1.050	625	14,6	44,1	9 400	3	Juil.-Sept.	9	O.-J.	78
			8	Sefrou	850	646	15,1	46,4	9.800	4	J.-S.	8	O.-M.	86
			9	El Menzel	850	643	16,4	39,8	10.500	4	J.-S.	8	O.-M.	78
			10	Taza	505	638	17,6	36 3	11 200	5	M.-S.	7	O.-Av.	86
			11	Khénifra	825	558	18,2	31,8	9.500	5	M.-S.	7	O.-Av.	65
		VERSANTS Sahariens	12	Beni-Mellal	580	537	19,2	28,0	10 300	5	M.-S.	7	O.-Av.	55
			13	Amizmiz	1.000	565	15,9	35,5	9.000	4	J.-S.	8	O.-M.	74
			14	Timhadit	2.000	373	11,4	32,6	4 250	4	J.-S.	8	O.-M.	85
			15	Assaka	1.400	249	14 3	17,4	3 600	4 6	J.-S. D.-Jr	8/6	O.-N. F.-M.	25 29
	RIFF		16	El Ke'âa Sless	423	686	18,8	36,5	12.900	4	J.-S.	8	O.-M.	73
			17	Ouezzane	164	732	17,8	41,2	13.000	4	J.-S.	8	O.-M.	78
			18	Arbaoua	184	663	18,2	36,5	12.100	4	J.-S.	8	O.-M.	74
			19	Tanger	45	826	17,4	47,4	14.400	4	J.-S.	8	O.-M.	86
ZONE II. MARITIME (Atlantique et Méditerranéenne)	SOUS ZONE HUMIDE	SAIS	20	Fez	412	540	17,5	30,9	9.500	4	J.-S.	8	O.-M.	61
			21	Meknès	549	577	16,6	34,7	9.600	4	J.-S.	8	O.-M.	66
		RHARB	22	Souk el Arba du Rharb	30	582	17,7	32,8	10.800	5	M.-S.	7	O.-Av.	68
			23	Port-Lyautey	25	549	17,4	31,5	9.600	5	M.-S.	7	O.-Av.	65
			24	Petitjean	84	467	18,8	24,8	8 800	5	M.-S.	7	O.-Av.	[illegible]
		RABAT	25	Rabat	64	506	17,4	29,7	9.600	5	M.-S.	7	O.-Av.	54
			26	Marchand	380	449	17,3	26,0	7.600	5	M.-S.	7	O.-Av.	[illegible]
			27	Tiflet	337	475	18,1	26,4	8 600	5	M.-S.	7	O.-Av.	55
	SOUS ZONE TEMPEREE	LITTORAL	28	Fédala	—	423	16,5	25,6	7.000	5	M.-S.	7	O.-Av.	41
			29	Casablanca	50	396	17,0	—	6.800	6	M.-O.	6	N.-Av.	49
			30	Mazagan	55	388	17,0	22,8	6.600	5	M.-S.	7	O.-Av.	43
		Hte CHAOUIA	31	Settat	370	368	17,1	21,4	6.300	5	M.-S.	7	O.-Av.	46
			32	Kouribgha	799	386	17,3	21,3	6.700	5	M.-S.	7	O.-Av.	51
			33	Oued Zem	780	405	18,2	22,3	7.400	5	M.-S.	7	O.-Av.	43
			34	Kasba Tadla	505	385	19,7	19,5	7.600	5	M.-S.	7	O.-Av.	39
		M. O.	35	Oujda	556	366	16,8	21,8	6.100	4	J.-S.	8	O.-M.	40
			36	Berkane	150	340	18,1	18,8	6.400	4	J.-S.	8	O.-M.	33
	SOUS ZONE SECHE	LITTORAL	37	Safi	8	335	19,4	17,2	6 500	7	Av.-O.	5	N.-Ms	40
			38	Mogador	5	313	16,7	18,8	5.300	7	Av.-O.	5	N.-Ms	40
		DOUKKALA-TADLA	39	Sidi Bennour	183	324	18,1	17,8	5.900	6	M.-O.	6	N.-Av.	38
			40	Chemaïa	381	267	17,8	15,0	4.800	6	M.-O.	6	N.-Av.	34
			41	El Borouj	405	333	19,7	16,9	6.600	6	M.-O.	6	N.-Av.	42
		TADLA ET HAOUZ	42	Dar Ould Zidouh	372	293	20,2	14,5	5.900	7	Av.-O.	5	N.-Ms	35
			43	El Kelaa des Srarhna	467	273	19,2	14,2	5.200	7	Av.-O.	5	N.-Ms	30
			44	Marrakech	460	270	19,5	13,8	5.200	7	Av.-O.	5	N.-Ms	32
			45	Tamanar	361	255	19,9	12,8	5.100	6	M.-O.	6	N.-Av.	29
			46	Chichaoua	340	187	18,5	10,1	3.500	7	Av.-O.	5	N.-Ms	23
ZONE III. DESERTIQUE	SOUS		47	Agadir	32	187	18,5	10,1	3 500	9	Ms-O.-D.	3	N.-Jt-F.	26,6
			48	Taroudant	256	196	19,7	10,0	3.900	10	D.-S.	2	O.-N.	27
			49	Tiznit	250	164	19,5	8,4	3.200	11	D.-O.	1	N.	27
	SAHARA		50	Bou Denib	930	109	19,3	5,7	2.100	11	Av.-F.	1	Ms	22
	M. O.		51	Guercif	366	195	18,3	10,7	3.700	11	M.-Ms	1	Av.	24
			52	Oulat El Hajj	716	162	15,7	10,3	3.000	12	Année	0	—	—

TABLEAU III

Caractères du climat

RUSSIE (R)

N°	POSTES	P	T	P/T	P×T	TYPES DES SOLS
1	**Archangelsk** (Russie du Nord)	390	0,3	1.300	100	*Podzols ; sols des Toundra.*
2	**Tomsk** (Sibérie)	507	— 1,8	— 282	— 9.100	»
3	**Beresov** (Sibérie)	330	— 8,2	— 40	— 2.700	»
4	**Moscou** (Russie-Centre)	534	3,9	136	2.100	*Podzols*
5	**Kiev** (Ukraine)	535	6,8	79	3.600	*Tchernozem dégradé.*
6	**Samara** (Russie-Est)	390	4,2	93	1.600	*Tchernozem.*
7	**Voronej** (Russie-Centre)	460	5,5	84	2.500	»
8	**Saratov** (Russie-Est)	378	6,0	63	2.300	»
9	**Odessa** (Ukraine)	410	9,6	43	3.900	»
10	**Krasnodar** (Caucase-Nord)	512	11,1	46	5.700	»
11	**Maly-Ouzen** (Russie-Est)	323	5,7	57	1.800	*Sols chatains et bruns.*
12	**Mozdok** (Caucase-Nord)	300	9,7	31	2.900	»
13	**Stalingrad** (Russie-Est)	300	7,3	41	2.200	»
14	**Kherson** (Ukraine)	341	10,0	34	3.400	»
15	**Sébastopol** (Crimée)	390	12,2	32	4.800	»
16	**Théodosie** (Crimée)	351	8,8	40	3.100	»
17	**Anapa** (Caucase)	416	10,3	40	4.300	»
18	**Semipalatinsk** (Turkestan)	270	3,4	79,5	9.200	»
19	**Barnaoul** (Sibérie)	255	0,4	638	100	»
20	**Astrakan** (Russie-Est)	169	8,4	20	1.400	»
21	**Kazalinsk** (Turkestan)	120	7,1	17	900	*Sols gris désertiques.*
22	**Noukous** (Turkestan)	81	11,4	7	900	»
23	**Boukhara** (Turkestan)	105	15,6	7	1.600	»
24	**Samarkand** (Turkestan)	340	14,6	23	5.000	»
25	**Pétro-Alexandrovsk** (Turkestan)	97	12,5	8	1.200	»
26	**Merv** (Turkestan)	128	15,9	8	2.000	»
27	**Soukhoum** (Caucase)	1.391	14,9	93	20.700	*Sols rouges.*

TABLEAU IV

Caractères du climat

EUROPE (E)

N°		POSTES	P	T	P/T	P.T	TYPES DES SOLS
1	EUROPE ORIale Et SEPTale	Bergen (Norvège)	1.960	7,0	280	13.700	*Podzols.*
2		Trondjem (Norvège)	907	4,7	193	4.300	« et sols tourbeux.
3		Helsinski (Finlande)	660	4,4	150	3.000	«
4		Cracovie (Pologne)	656	7,9	81	5.200	*Tchernozem.*
5		Varsovie (Pologne)	554	7,4	75	4.000	*Podzols.*
6		Berlin (Allemagne)	580	8,5	68	4.900	«
7		Budapest (Hongrie)	611	9,9	62	6.000	*Tchernozem.*
8		Bucarest (Roumanie)	583	10,6	55	6.200	«
9		Prague (Tchécoslovaquie)	443	8,8	50	3.900	*Sols bruns forestiers.*
10	EUROPE OCCIDale	Stikkisholm (Islande)	681	2,8	243	1.900	*Podzols.*
11		Thorshavn (archipel des Féroé)	1.620	6,5	249	10.500	«
12		Valentia (Irlande)	1.422	10,5	135	14 900	«
13		Gembloux (Belgique)	731	9,4	78	6.900	*Sols bruns forestiers.*
14		Dublin (Irlande)	710	9,8	73	6.900	*Podzols.*
15		Londres (Angleterre)	647	9,9	65	6.400	*Sols bruns forestiers.*
16	FRANCE	Brest (Fr. Nord)	824	12,7	65	10.400	*Podzols.*
17		Rouen (Fr. Nord)	704	10,1	70	7.100	«
18		Paris (Fr. Nord)	527	10,0	53	5.300	«
19		Perpignan (Fr. Midi)	540	15,3	35	8.300	*Sols rouges.*
20		Bordeaux (Fr. Midi)	848	12,3	69	10.400	«
21		Toulouse (Fr. Midi)	666	11,3	60	7.500	*Sols bruns forestiers.*
22		Montpellier (Fr. Midi)	785	13,8	57	10.800	*Sols rouges.*
23		Marseille (Fr. Midi)	548	13,8	40	7.600	«
24	MEDITERRANEE OCCIDale	Porto (Portugal)	997	12,5	80	12.500	«
25		Milan (Italie)	997	12,5	80	12.500	*Sols rouges.*
26		Corfou (île de)	1.314	17,7	74	23.100	«
27		P. Delgada (Açores)	898	17,3	52	15.500	«
28		Lisbonne (Portugal)	726	15,3	47	11.100	«
29		Palerme (Sicile)	756	17,3	44	13.100	«
30		Funchal (Madère)	684	18,3	37	12 500	«
31		Madrid (Espagne)	419	13,3	32	5.600	*Sols gris désertiques.*
32		Séville (Espagne)	470	19,6	24	9.200	*Sols rouges.*
33	MEDITER. ORIale	Salonique (Grèce)	482	16,0	30	7.700	*Sols rouges, gris.*
34		Athènes (Grèce)	390	17,6	22	6.200	«
35		Smyrne (Turquie)	650	17,0	38	11.000	«
36		Jérusalem (Palestine)	661	15,9	42	10.500	«
37		Le Caire (Egypte)	32	21,2	1,5	700	*Sols rouges, désertiques.*
38	A. F. N.	Alger (Algérie)	765	18,3	42	14.000	«
39		Géryville (Algérie)	388	13,5	29	5.200	*Sols désertiques.*

TABLEAU V

Caractères du climat

ZONE ÉQUATORIALE (T)

N°	POSTES	P	T	P/T	P . T	TYPES DES SOLS
1	Konakry (Côte d'Ivoire)	4.802	26,1	184	125.300	
2	Akasse (Nigeria)	3.655	25,5	145	93.400	
3	Tamatave (Madagascar)	2.934	23,6	124	69.300	
4	Libreville (Gabon)	2 410	24,6	98	59.300	
5	Mengo (Ouganda)	1.493	21,9	71	33.700	
6	Majunga (Madagascar)	1.568	26,1	60	41.000	
7	Bismarkburg (Togo)	1.389	23,8	58	32.600	
8	Léopoldville (Congo)	1.412	25,3	56	35.700	
9	Porto Nuevo (Dahomey)	1.268	26,3	48	33.300	
10	Saint-Thomé	1.070	25,2	42	27.000	
11	Ouadelaï (Haut-Nil)	1.100	25,7	43	28.300	
12	Tabéra (E. Afric.)	852	22,5	38	19.200	
13	Kayes (Haut-Sénégal)	736	29,4	25	21.600	
14	Birouma (Zambésie)	556	26,0	21	14.500	
15	Saint-Louis (Sénégal)	423	23,4	18	9.900	
16	Loanda (Angola)	278	23,5	12	6.500	
17	Dueïm (Soudan)	261	27,7	10	7.200	

TABLEAU VI

Caractères du climat

ETAT-UNIS D'AMERIQUE (A)

N°	POSTES	P	T	P/T	P × T	TYPES DES SOLS
1	Des Moines (Iowa)	820	9,7	85	8.000	*Sols des prairies.*
2	Topeka (Ka.)	850	12,2	70	10.400	»
3	San Francisco (Californie)	560	13,4	42	7.500	»
4	Euréka (Californie)	1.170	10,9	107	12.600	*Sols podzoliques gris.*
5	Olympia	1.384	10,3	134	14.300	»
6	Red Bluff (Californie)	630	16,8	38	10.600	*Sols podzoliques gris-bruns.*
7	South Bend (Indiana)	890	9,7	92	8.600	»
8	Boston (Ma.)	1.100	9,8	112	10.800	»
9	Harrisburg (Penn).	940	11,2	84	10.500	*Sols désertiques gris-bruns.*
10	Rosenburg (Oregon)	870	11,8	74	10.300	*Sols podzoliques gris-bruns.*
11	Barnes Garde (Va.)	1.200	8,8	136	10.600	*Sols podzoliques rouges.*
12	Ouranyo (Colorado)	420	8,3	50	3.500	*Sols podzoliques gris-bruns.*
13	Richmond (Va.)	1.060	14,4	74	15.300	*Sols podzoliques jaunes-rouges.*
14	Nashville (Ten.)	1.230	15,2	81	18.700	»
15	Springfield (Ma.)	1.130	13,2	86	14.900	»
16	Columbia (S. Car.)	1.170	17,5	67	20.500	»
17	Montgomery	1.300	18,6	70	24.200	»
18	Shreveporte (La.)	1.150	18,7	62	21.500	»
19	Ocali (Floride)	1.310	21,1	62	27.700	»
20	Savannah (Ge.)	1.220	19,3	63	23.500	*« Half bog soils ».*
21	Schriever (La.)	1.500	20,3	74	30.500	*Bog soils.*
22	Miami (Floride)	1.500	23,4	64	35.100	»
23	Sacramento (Californie)	505	15,3	33	7.700	*Tchernozem.*
24	Alibene (Texas)	623	17,8	35	11.100	»
25	North Platte (Neb.)	461	9,3	50	4.300	»
26	Hayes (Ka.)	588	4,9	120	2.900	»
27	Bismark (Dak. N.)	390	4,6	85	1.800	»
28	Santa-Fe (N. M.)	360	9,4	38	3.400	*Sols bruns désertiques.*
29	Walla-Walla (Wash.)	450	11,7	39	5.300	»
30	Denver (Colorado)	360	11,1	33	4.000	»
31	Havre (Mont.)	350	5,3	66	1.800	*Sols chatains.*
32	Goodland (Kansas)	470	10,6	44	5.000	»
33	Laramie (Wyoming)	280	4.9	57	1.400	»
34	Winnemueca (New)	210	9,1	23	1.900	*Sols gris désertiques. (Sierozem).*
35	Salt Lake City (Utah)	450	11,7	39	5.300	»
36	Fresno (Californie)	240	17,2	14	4.100	»
37	Medienne Nat. (Alb.)	320	5.4	59	2.800	»
38	San Diego (Cal)	330	16,1	20	5.300	*Sols rouges.*
39	Augusta (Maine)	179	3.9	46	700	»
40	*					
41	Corpus Christi (Texas)	690	21,5	32	14 800	*Sols désertiques bruns-rouges.*
42	Eagle pass. (Texas)	530	21.8	24	11.500	»
43	Midland (Texas)	340	9.6	35	3.300	»
44	Yuma (Arizona)	280	22,1	13	6 200	*Sols rouges désertiques.*
45	Phœnix (Arizona)	200	20,9	10	4.200	»
46	Flagstaff (Arizona)	580	6,9	84	4.000	»

* *Poste supprimé.*

Nous avons tracé ensuite, les courbes du « facteur pluviométrique » de Lang (P/T) et du produit Ec = P x T.

Analyse du graphique. — Il se dégage de la lecture directe de notre graphique un certain nombre de constatations générales qui semblent permettre de mieux comprendre les liaisons génétiques qui existent entre les différents types de sols.

La partie gauche du graphique, limitée en haut par la courbe Ec = 5.10^3 est occupée par des stations climatiques correspondant aux sols des pays continentaux (Russie, Etats-Unis). En haut et au delà de la courbe Fp = 20, on trouve des sols désertiques, gris quand la température est basse, rouges quand elle est élevée. Au fur et à mesure de l'augmentation des valeurs de Fp et par conséquent du degré de lessivage, on passe d'abord aux sols bruns et châtains des pays secs (Fp = 20-40) et aux tchernozems ensuite (Fp = 60 — 80/100), pour arriver, au delà de la courbe Fp = 100, dans la zone des sols podzoliques. C'est la succession classique des zones pédo-climatiques de la Russie, quand on passe des régions sèches et chaudes à celles froides et humides.

Au delà de la courbe Ec = 5.10^3 (entre 5.10^3 et 10^4) on voit apparaître dans la partie centrale du graphique, entre Fp = 60 — 80, les sols bruns forestiers de l'Europe centrale et occidentale qui passent aux podzols, d'une part (Fp supérieur à 80/100), et aux sols rouges méditerranéens, d'autre part (Fp inférieur à 60).

Enfin, au delà de la courbe Ec = 10^4 la partie droite du graphique, on rentre dans le domaine des sols rouges : aux valeurs de l'indice Fp inférieur à 60 correspondent des sols rouges du type de la Méditerranée occidentale et au Fp supérieur à 60 des sols rouges et jaunes podzoliques des Etats-Unis qui, à leur tour passent, semble-t-il, aux sols latéritiques de la zone tropicale.

Le graphique correspond donc assez exactement aux grandes zones thermiques du globe terrestre : polaire dans la partie gauche et en bas du graphique, tropicale dans la partie droite et en haut, avec une bande tempérée entre les deux. Si on va dans l'autre sens, de droite à gauche du graphique,

on passe du régime climatique humide caractérisé par le « facteur pluviométrique » élevé au régime climatique sec avec des valeurs du « facteur pluviométrique » faibles.

En même temps qu'on s'avance de la zone polaire vers la zone tropicale ou équatoriale, la couleur de la matière minérale du sol change. Dans la partie gauche du graphique (Russie) la matière minérale est plutôt incolore et les sols sont de couleur gris-noirâtre, tandis que vers la partie équatoriale (à droite et en haut) ils deviennent de plus en plus rouges.

Il faut noter que dans la zone humide la couleur rouge apparaît à température plus basse (sols podzoliques rouges et jaunes des Etats-Unis) que dans la zone plus sèche (sols gris de l'Asie centrale).

Indices climatiques Fp = P/T et Ec = P x T et types de sols

Les zones climatiques des sols colorés en rouge sont caractérisées par des valeurs élevées de l'indice Ec tandis que ces valeurs sont faibles dans les zones à sols peu colorés ou gris-noirs. Cet indice varie d'ailleurs dans des limites assez larges : dans les zones de sols désertiques il est souvent inférieur à 1.000 ou 10^3, tandis qu'il peut atteindre 100.000 ou 10^5 dans les régions tropicales. (Pour la commodité de l'expression, il vaut mieux le présenter sous la forme 10^x).

Ainsi pour la Russie (pays des sols gris ou noirs par excellence) les valeurs les plus élevées (sauf dans la zone subtropicale du Caucase) se trouvent dans la zone des Tchernozems, où cet indice atteint 6.000 ou 6×10^3. Alors il descend jusqu'à 1.000 ou 10^3 dans les régions de sols désertiques ou podzoliques où l'énergie de transformation est faible.

Aux U.S.A. il atteint son maximum dans les zones de sols podzoliques rouges et jaunes (Ec supérieur à 10^4) et de sols bruns désertiques rougeâtres (où il varie autour de 10^4), mais il descend plus bas dans les zones de sols châtains ($Ec = 2 — 5 \times 10^3$) et de sols gris désertiques (sierozems) (Ec inférieur à 2×10^3).

Dans les régions tropicales du globe il atteint des valeurs très élevées — $1{,}2 \times 10^5$ à Conakry (Côte d'Ivoire), $5{,}9 \times 10^4$ à Libreville (Congo), $6{,}9 \times 10^4$ à Tamatave (Madagascar). Il

TABLEAU VII

Correspondance entre le degré de lessivage, les types de sol et l'indice climatique Fp.

Degré de lessivage	Zone tempérée		Zone tropicale et subtropicale	
	Types des sols	Fp	Types des sols	Fp
Lessivage complet (pedalfers)	Podzols ferrugineux et humiques	100	Latérites	
	Sols bruns forestiers	60-80	Sols latéritiques	100
	Tchernozem dégradé	80-100	Sols rouges	20-80
			Sols rouges méditerranéens	20-40
Lessivage partiel (pedocals)	Tchernozems	40-80		
	Sols châtains	20-40		
	Sols bruns			
	Sols gris (sierozem)	0-20		

OBSERVATIONS : 1) *Pedalfers :* Présence dans le profil d'une zone d'accumulation des sesquioxydes; *pedocals :* présence dans le profil d'une zone d'accumulation des carbonates.
2) Tableau composé d'après Demolon et les données du graphique.

Il en résulte que les mêmes valeurs du facteur pluviométrique (de même que l'énergie de lessivage) peuvent se retrouver aussi bien dans les zones de sols « noirs » que dans celles des sols « rouges », **seulement la nature des éléments lessivés sera différente suivant les zones.**

Application des indices Fp et Ec

Il semble donc que pour bien caractériser les conditions climatiques du point de vue pédologique, il soit indispensable d'employer deux indices climatiques : l'un qui indique la possibilité et l'importance du lessivage dans les conditions climatiques données (coefficient de Lang, de Mayer, indice d'aridité de de Martonne) et l'autre qui donne une idée de l'importance ou de l'énergie de transformation des minéraux des roches dans les sols — notre indice Ec.

Ainsi, le climat de la zone des sols latéritiques tropicaux humides est caractérisé par les valeurs élevées des deux indices Fp et Ec. Dans les zones tropicales sèches (Soudan) Fp s'abaisse sensiblement à cause de la faiblesse de P (pluies) tandis que Ec reste relativement élevé en raison de la valeur de T (températures).

Pour les valeurs moyennes de Ec, on constate que l'indice :

Fp : élevé, correspond à la zone des sols podzoliques ;
moyen, — — — bruns forestiers ;
faible, — — — rouges méditerranéens (déserts méditerranéens de Korovine).

Par contre, sous les conditions de climat froid continental les valeurs de Ec sont faibles. Dans ce cas Fp bas est caractéristique des déserts du type centre asiatique de Korovine.

Il en résulte que les classifications des sols basées uniquement sur un des deux facteurs (lessivage ou degré de transformation) ne sont pas suffisantes, car ils se complètent mutuel-

TABLEAU VIII

Classification de Reifenberg

CLIMAT :	ARIDE	SEMI-ARIDE SEMI-HUMIDE	HUMIDE	FORTEMENT HUMIDE
T° C 5°				
Frais. 10°			Sols podzoliques Si/R = 2,84	
Tempéré. 15°	Sols gris-bruns désertiques Si/R = 3,62	Sols des prairies et Tchernozems. Si/R = 3,17	Sols bruns forestiers Si/R = 1,98	
Tempéré-chaud. 20°	id.	Sols rouges Solonetz Médit. Transv. Si/R=3,01 2,43 1,87	Sols rouges subtropicaux Si/R = 1,54	
Chaud.	Sols rouges désertiques Si/R = 2,08		Sols rouges tropicaux Si/R = 1,73	Latérites Si/R = 1,28

Si/R : Rapport moléculaire silice/Sesquioxyde.
In Vilensky. — Sur quelques régularités du développement du processus de formation des sols (Pédologie N° 6, 1937).

TABLEAU IX

Classification de Vilensky [1]

CLIMAT :	ARIDE	SEMI-ARIDE	FAIBLEMENT ARIDE	SEMI-HUMIDE	HUMIDE
—12° + 4°	Toundras	Sols tourbeux et marécageux		»	Podzolisés
— 4° + 4°	Tourbeux	Sols tourbeux	Sols noirs de prairies	Dégradés	»
de + 4 à +12°	Sols gris	Sols châtains	Tchernozems	»	»
de +12 à +20°	»	Sols jaunes		»	»
Subtropical +20°	Sols rouges	»	Latérites	»	»

(1) *D'après DEMOLON. — Dynamique du sol.*

lement. On voit bien, d'après le graphique, que les types des sols basés sur le degré de lessivage (pedalfers et pédocals des auteurs américains) « s'entrecroisent » avec les types d'évolution de la matière argileuse (types siallitiques et allitiques d'Harrassovitz et, dans certaine mesure, les groupes des sols de la classification de Del Villar). A ce point de vue, **pour les sols zonaux,** les schémas de classification proposés par Reifenberg et Vilensky reflètent mieux la réalité (voir tableau VIII et IX).

Les types de formation des sols proposés par K. D. GLINKA (latéritique, podzolique, steppique, désertique) et plus ou moins abandonnés actuellement, de même que la notion des sols zonaux et intrazonaux de Sibirtzeff, gardent donc d'après notre schéma toute leur valeur.

Ainsi les types podzoliques, steppiques, désertiques et latéritiques sont des types zonaux. Les trois premiers types sont caractéristiques des climats continentaux à l'indice Ec faible, le dernier du climat tropical humide (d'ailleurs le terme « latéritique » n'est pas bien défini actuellement ; il est possible qu'il existe plusieurs types de sols auxquels on donne ce nom).

Notre schéma **souligne bien la parenté génétique** des podzols et des latérites, fait déjà remarqué par plusieurs auteurs (voir par ex. la classification des sols de Robinson). Les conditions climatiques des deux types sont caractérisées d'abord par l'indice Fp élevé. Par contre l'indice Ec est élevé dans le cas des sols latéritiques et faible dans le cas des sols podzoliques.

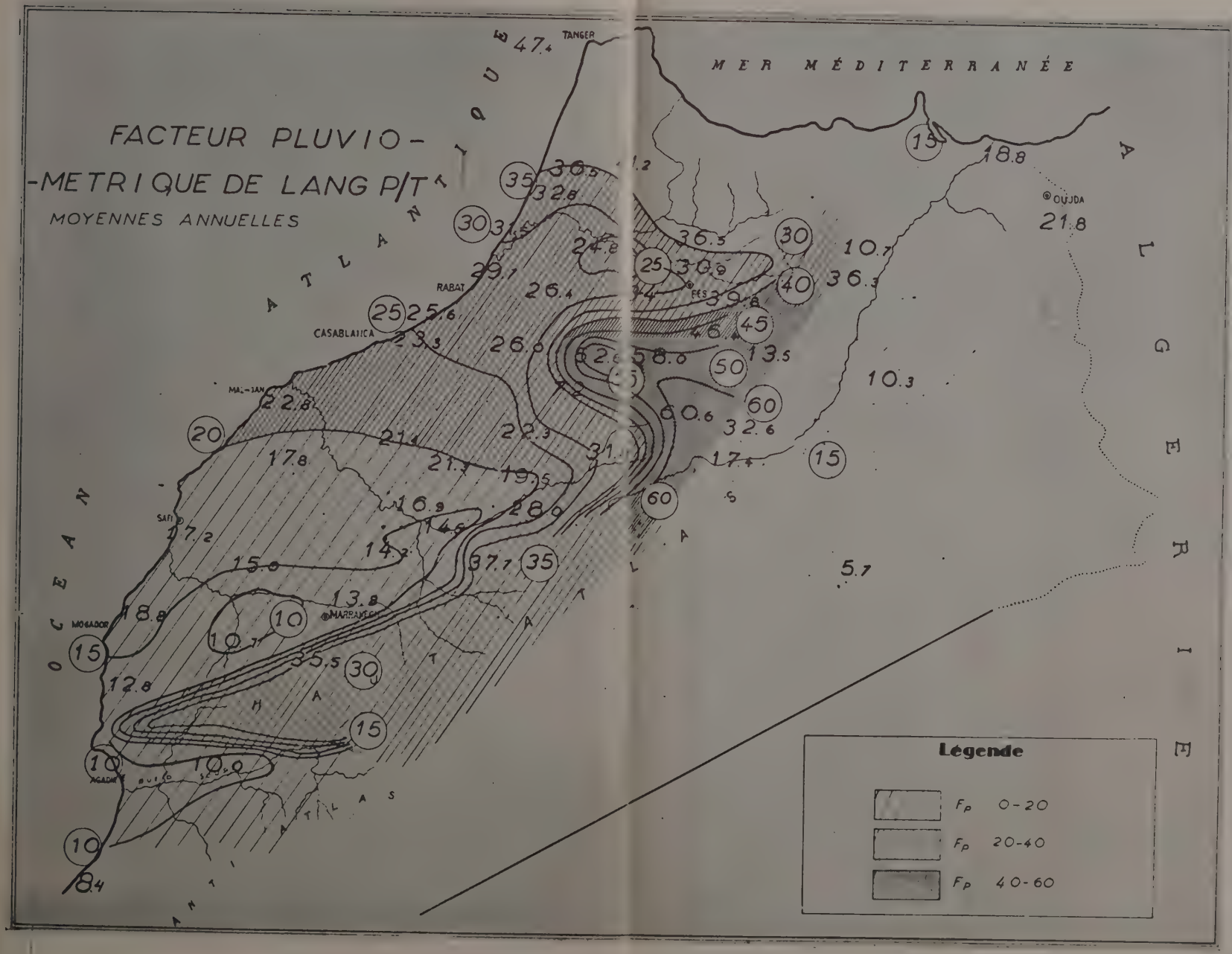
Ces types de sol, dont les conditions de formation et les processus pédologiques (physiques, chimiques et biologiques) sont bien déterminés, **ne constituent qu'une partie des types possibles,** ce qui a déjà été souligné par K. D. GLINKA lui-même.

Les types marécageux et solontzeux de K. D. GLINKA sont nettement intrazonaux (sols sans drainage de la classification de ROBINSON, sols de la série hydromorphe de NEUSTROUEFF) où les conditions locales se superposent sur les facteurs zonaux. Mais il ne faut pas perdre de vue que dans chaque zone climatique, les sols marécageux par ex., possèdent des caractères particuliers propres à ces zones (sols tourbeux des régions humides et froides, sols palustres du Midi de la France, tirs des bas-fonds du Maroc, sols « vlei » de la zone subtropicale africaine).

D'après le graphique, nous voyons que pour certaines régions climatiques on a déjà établi les types de formation des sols podzoliques, steppiques, désertiques (du type centre asiatique). Pour d'autres, il faut les préciser et les déterminer. C'est le cas des sols tropicaux « latéritiques » ou des sols « rouges méditerranéens » où l'on réunit les différents types de formation des sols rouges.

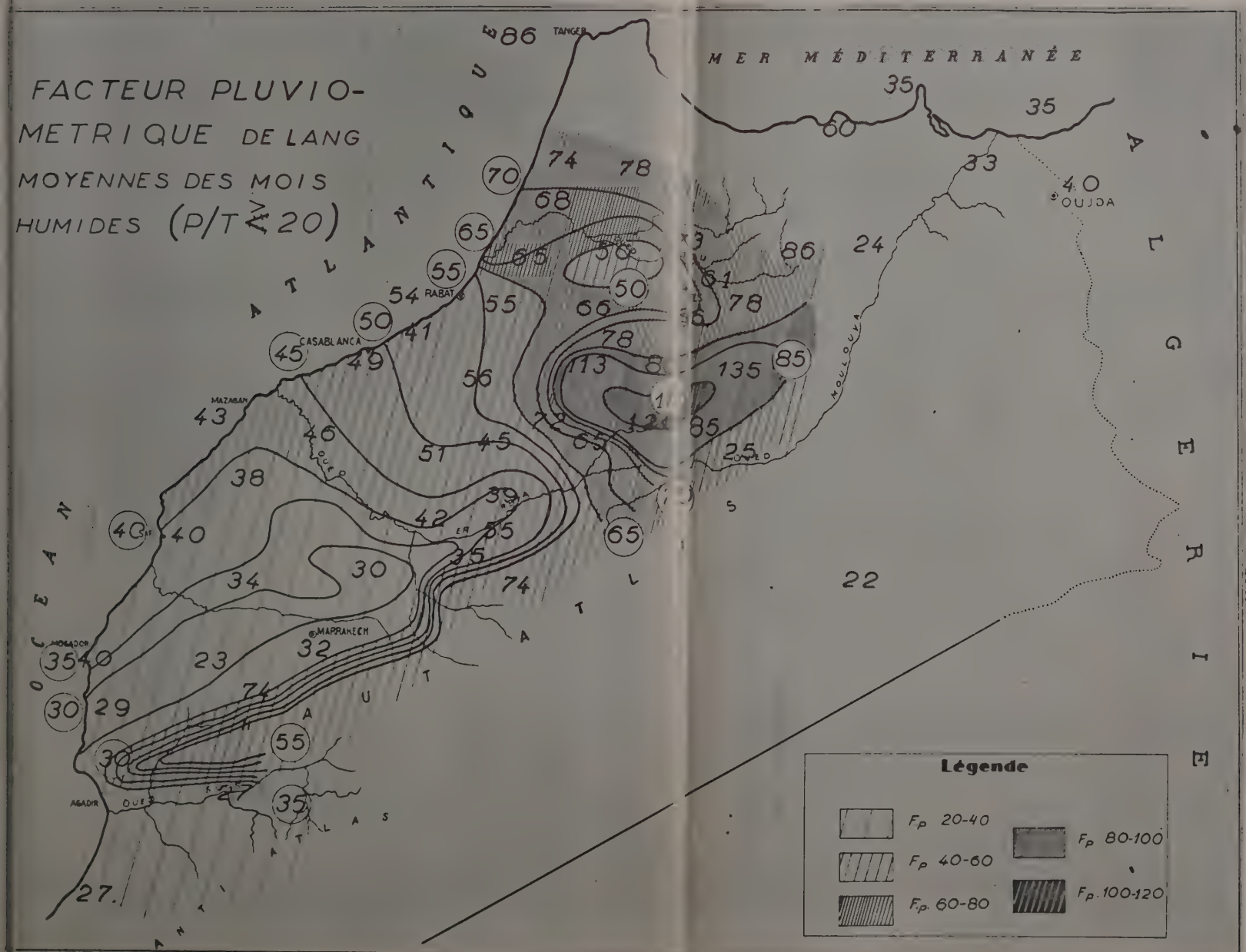
FACTEUR PLUVIOMETRIQUE DE LANG P/T

Moyennes annuelles

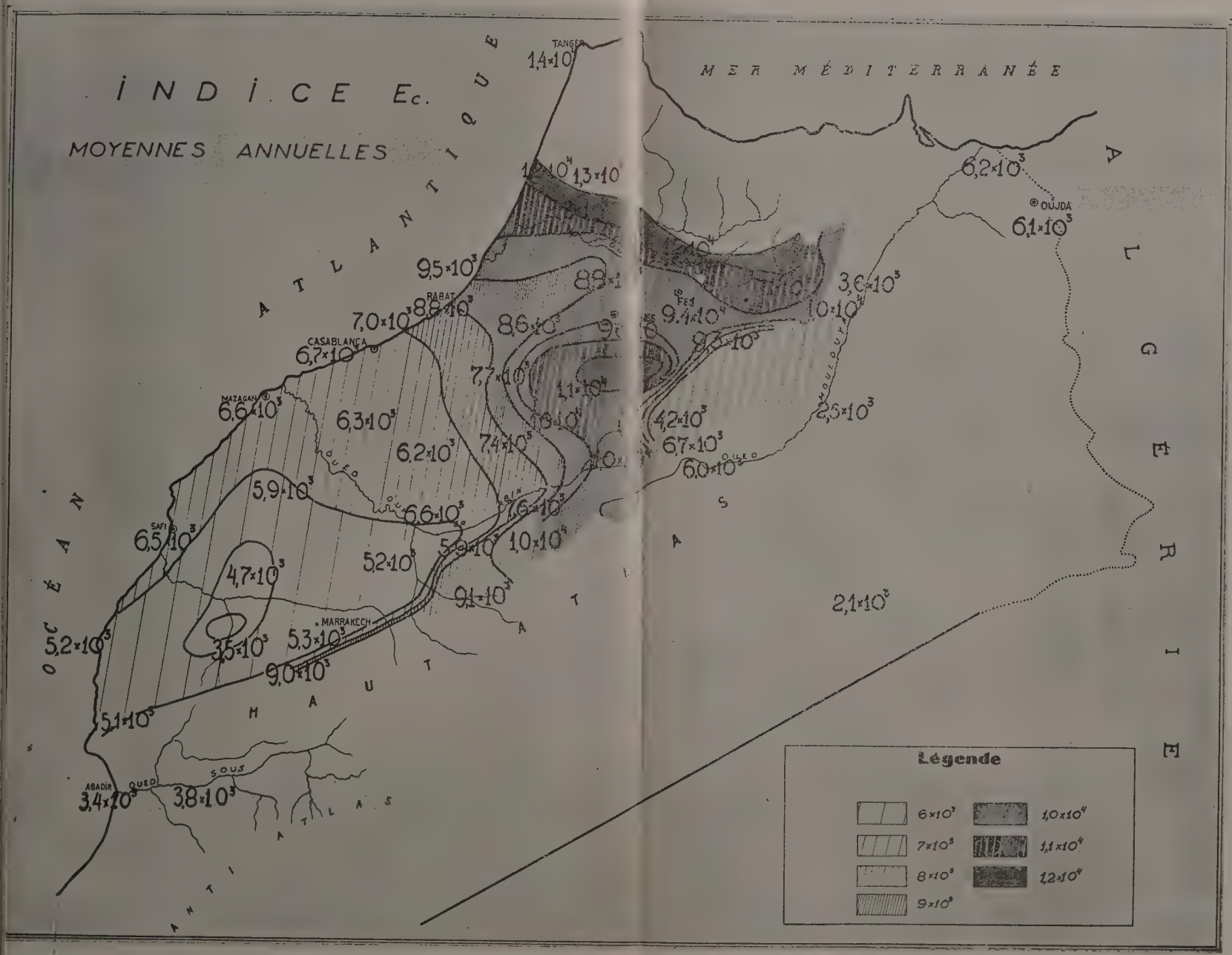


FACTEUR PLUVIOMETRIQUE DE LANG

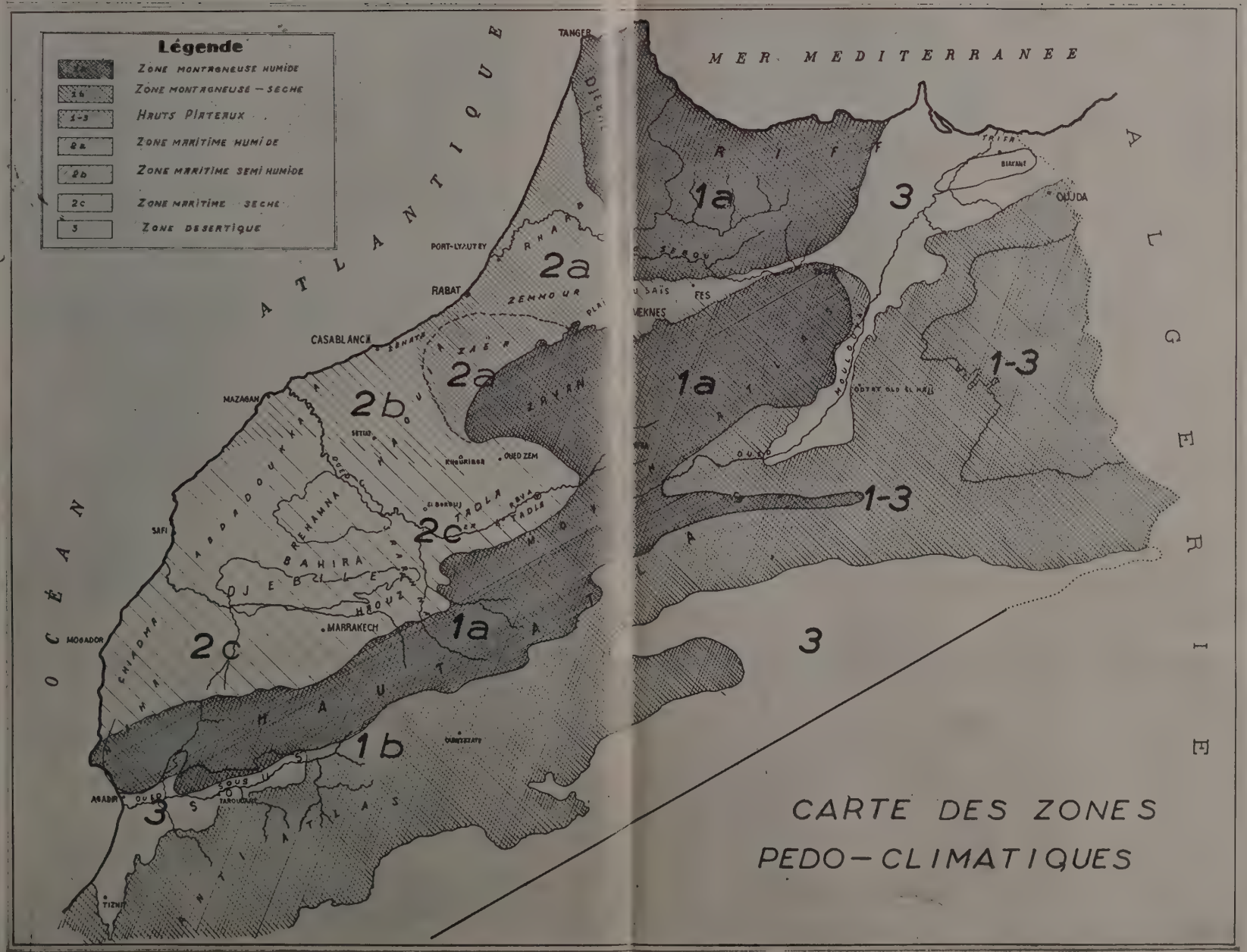
Moyennes des mois humides (P/T $\frac{N}{M}$ 20)



Moyennes annuelles



CARTE DES ZONES PEDO-CLIMATIQUES



CARTE DES ZONES
PEDO-CLIMATIQUES

2) ETUDE DES INDICES CLIMATIQUES Ec = P x T et Fp = P/T DU MAROC

Le climat marocain (1) est caractérisé par des températures moyennes annuelles élevées, une pluviométrie variable, mais toujours moyenne faible, et par l'alternance des saisons — l'une froide et humide (d'octobre à avril), l'autre chaude et sèche (de mai à septembre). Malgré les températures assez élevées et uniformes pour l'ensemble du pays, surtout dans la zone côtière, les variations de la pluviométrie créent des conditions climatiques locales assez particulières, et sur notre graphique climatique l'aire occupée par le Maroc est proportionnellement aussi grande que celle de la Russie. La zone occupée par les postes marocains va du centre du graphique (postes des régions humides montagneuses) jusqu'à sa partie gauche (postes de la zone désertique).

Pour étudier les conditions climatiques du Maroc, nous avons calculé pour chaque poste les valeurs annuelles des indices Fp et Ec, ainsi que celles du Fp des mois humides (Fp = P/T inférieur à 20), et nous avons dressé les cartes de ces trois indices, (cartes 1, 2 et 3). On distingue nettement sur ces cartes les trois grandes zones : celle où ces indices sont très élevés (pour le Maroc) — zone montagneuse — (Atlas et Rif) ; celle de la bande maritime (entre l'océan et les chaines montagneuses) où la valeur de ces indices diminue au fur et à mesure qu'on descend vers le sud et enfin la zone désertique à Ec et Fp faibles.

Ainsi nous pouvons diviser le Maroc en trois grandes zones climatiques bien distinctes où les conditions de formation des sols sont assez variées (voir carte 4).

1° **Zone montagneuse,** (Atlas et Rif) caractérisée par une pluviométrie annuelle assez élevée, des températures moyennes relativement basses et une saison sèche (2) de courte durée.

---

(1) *Les caractères généraux du Maroc sont exposés dans les notes de M. GRILLOT « La Zone Méditerranéenne » et « Le Milieu Marocain ».*

(2) *Fp = P/T inférieur à 20.*

2° **Zone maritime (atlantique et méditerranéenne) — plaines et plateaux,** à pluviométrie annuelle moyenne, températures plus élevées et saison sèche plus prolongée.

3° **Zone désertique (Sahara, Sous, Maroc Oriental)** à pluviométrie faible, températures moyennes élevées, saison sèche prolongée.

1°. — ZONE MONTAGNEUSE

Le climat des postes de la haute montagne (Bekrit, altitude 2.000 m. et Dayet Achleff, alt. 1.760 m. se rapproche de celui de l'Europe occidentale et méridionale avec des températures moyennes annuelles assez basses (au moins pour le Maroc) et une pluviométrie élevée (voir le tableau II). Pour ces raisons le « facteur pluviométrique » annuel Fp est relativement élevé — il est respectivement de 60,6 et 64,0 — et l'indice Ec assez bas — $6,7.10^3$ et $7,5.10^3$. Au cours de la saison pluvieuse humide qui dure 9 mois l'énergie de tranformation (altération des roches) ne serait pas très élevée, par contre les possibilités de lessivage devraient être assez grandes. On observe des conditions climatiques analogues en France et en Europe centrale (voir graphique). Il ne serait donc pas surprenant de trouver des sols du type brun forestier et même podzolisés dans cette région du Maroc.

Par contre, la zone de moyenne montagne et des contreforts atlantiques se rapproche, climatiquement, de la zone méditerranéenne en allant du climat franchement maritime et même océanique jusqu'au climat sec et continental. Le quotient Fp = P/T reste relativement élevé, surtout en saison pluvieuse qui dure de 7 à 9 mois tandis que l'indice Ec est plus élevé dans cette région où il oscille autour de 10^4.

Ainsi par exemple :

		Ec	Fp an (1)	Fp hum (2)
AZROU (Alt. 1.250 m.)..	*Causses atlasiques.*	$1,3.10^4$	58,0	86
SEFROU, (Alt. 850 m.)	» »	$9,8.10^3$	46,4	86
AZILAL, (Alt. 1.429 m.) ..	*Extrémité occidentale du Moyen-Atlas.*	$9,1.10^3$	37,7	74
BENI-MELLAL, (Alt. 580 m.)	*Pente Nord du Moyen-Atlas*	$1,03.10^4$	28,0	55

On peut donc trouver dans cette zone différents sols analogues aux différents types des sols « rouges méditerranéens », aussi bien de sols nettement lessivés de la zone maritime que de sols de la zone plus sèche de la Méditerranée orientale. Les conditions de formation sont caractérisées par **l'énergie de transformation relativement grande et par un certain degré de lessivage toujours élevé au cours de la saison humide.**

Sur les versants Sud (sahariens) le climat devient plus sec et les conditions climatiques sont celles de passage vers la zone désertique avec l'énergie de transformation assez basse. Pour les deux postes de cette zone nous avons les caractéristiques suivantes :

	Ec	Fp an	Fp hum
TIMHADIT. (*Altitude* 2.000 *m.*)	$4,2.10^3$	33,6	85
ASSAKA. (*Altitude* 1.400 *m.*)	$3,6.10^3$	17,4	29-26

(1) *Fp an. — Fp annuel.*
(2) *Fp hum. — Fp des mois humides (Fp supérieur à 20).*

Nous pouvons remarquer que malgré la faible pluviométrie (373 mm) de la région de Timhadit, la possibilité de lessivage est élevée (surtout en hiver) dans cette station de haute montagne à cause des basses températures (température moyenne 11,4).

Enfin, la zone rifaine joint au climat nettement méditerranéen maritime humide, les fortes valeurs de l'indice Ec. Par exemple :

	Ec	Fp an	Fp hum
EL KELAA DES SLESS, (*Altitude 423 m.*)	1,29.10⁴	33,8	73
TANGER (*Altitude 45 m.*) *bord de la mer*	1,44.10⁴	47,4	86

2° ZONE MARITIME
(ATLANTIQUE ET MEDITERRANEENNE)

Dans cette zone nous pouvons distinguer, du point de vue pédologique, les trois sous-zones :

1) humide ;

2) semi-humide ;

3°) sèche.

1) Sous-zone humide

Cette partie de la zone maritime qui couvre 26.000 km² (soit 30 % de la zone environ) se trouve au Nord et comprend au point de vue climatique la plaine du Saïs (région de Meknès-Fès), la plaine du Rharb, la région des Zemmour (et de Rabat) et, probablement le Massif des Zaer. Les conditions climatiques sont caractérisées par une pluviométrie et une température moyenne annuelle assez élevées (pluviométrie moins élevée et températures plus hautes que dans la zone

montagneuse). En conséquence, le facteur pluviométrique Fp est moyen-faible et l'indice Ec moyen. La saison humide dure de 7 à 8 mois avec Fp relativement peu élevé :

	Ec	Fp an	Fp hum.
MEKNES, (*Altitude 549 m.*) *Saïs*	$9,5.10^3$	34,7	61
PETITJEAN, (*Alt. 84 m.*) *Rharb*	$8,8.10^3$	24,8	50
TIFLET, (*Alt. 337 m.*) *Zemmour* ..	$8,8.10^3$	25,4	55
MARCHAND, (*Alt. 380 m.*) *Zaër*	$7,6.10^3$	26,0	56

Nous sommes donc encore dans les conditions climatiques de la zone méditerranéenne (variété sèche) avec possibilité de trouver des sols analogues aux sols « rouges méditerranéens ».

2) Sous-zone semi-humide

Cette partie de la zone atlantique qui couvre 12.000 km^2 environ (soit 15 % de la zone) et à laquelle on peut attacher la région d'Oujda (Maroc oriental) comprend, au Maroc occidental, la région des Zenata (Fedala-Casablanca), une partie des Doukkala (le littoral, Basse et Haute Chaouïa et ses abords (Oued Zem et Kasba Tadla). Elle est nettement plus sèche et chaude que la sous-zone du Nord et les indices climatiques Fp et Ec y sont nettement plus bas. La saison humide ne dure que de 5 à 6 mois :

	Ec	Fp an	Fp hum.
CASABLANCA, (*Alt. 50 m.*) *Littoral*	$6,8.10^3$	23,2	49
KOURIBGA, (*Alt. 799 m.*) *Haute-Chaouïa.*	$6,7.10^3$	21,3	51
KASBA-TADLA, (*Alt. 505 m.*) *Tadla*	$7,6.10^3$	19,7	39

Nous voyons donc que le climat de cette partie du Maroc garde encore des caractères du climat méditerranéen du bassin maritime méditerranéen, mais il est beaucoup plus sec, les sols doivent subir un faible lessivage, même en hiver, lequel est d'ailleurs plus court. Ils seraient analogues, quant à leur lessivage, aux sols steppiques châtains et bruns, mais de la série des sols « rouges ».

3) Sous-zone sèche

Cette partie du Maroc qui couvre 47.000 km² environ (soit 55 % de la zone maritime) comprend les régions méridionales du Maroc occidental : Doukkala, Abda, Haha, Chiadma (le long de l'Atlantique), et Tadla, Bahira (Rehamna et Srarhna) et Haouz à l'intérieur du pays. On peut y rattacher, du point de vue climatique, la plaine des Triffa du Maroc oriental. Dans ces contrées, les conditions désertiques sont nettement plus accentuées. Le facteur pluviométrique est très faible, même en hiver qui ne dure que 5-6 mois et l'indice Ec est plus bas que dans la zone précédente :

	Ec	Fp an	Fp hum
SAFI, (*Alt. 8 m.*) *Littoral*	6,5.10³	17,2	40
SIDI BENNOUR, (*Alt. 183 m.*) *Doukkala*	5,9.10³	17,8	38
MARRAKECH, (*Alt. 460 m.*) *Haouz*	5,2.10³	13,8	32
CHICHAOUA, (*Alt. 340 m.*) *Haouz*	3,5.10³	10,1	23

Nous pouvons conclure, d'après ces chiffres, que les conditions de formation des sols seraient caractérisées par la transformation assez faible des minéraux des roches (pour la zone des sols « rouges ») et par le lessivage peu important, ce qui conduirait aux sols du type des châtains — sols gris (sierozems), des régions prédésertiques, mais **toujours ici dans la série des sols « rouges ».**

3° ZONE DESERTIQUE

Cette partie du Maroc se trouve au delà de la chaîne atlasique. L'absence de données climatiques ne nous permet pas de faire de subdivisions plus détaillées. Cette immense région est caractérisée par des températures élevées et une très faible pluviométrie. En conséquence, les indices climatiques sont extrêmement faibles et la saison humide n'existe pratiquement pas :

	Ec	Fp an	Fp hum
TAROUDANT, (*Alt. 256 m.*) *Sous*	$3,9.10^3$	10,0	(Néant)
BOU DENIB, (*Alt. 930 m.*) *Sahara Oriental*	$2,1.10^3$	5,7	»
OUTAT EL HAJJ, (*Alt. 715 m.*) *Vallée de la Moulouya*	$3,0.10^3$	10,3	»

Dans ces contrées sèches, les processus de formation des sols sont ralentis, mais par rapport aux déserts froids de l'Asie centrale (Turkestan) la transformation des minéraux des roches se fait plus énergiquement (les valeurs de l'indice Ec y sont plus élevées — $2,1.10^3$ — $3.9\ 10^3$ au Maroc contre 9.10^2 — $4,5.10^3$ en Turkestan).

3) VARIATIONS DES INDICES CLIMATIQUES Ec = P x T et Fp = P/T AU COURS DE L'ANNEE

Le Maroc, dont le climat est souvent considéré comme aride ou semi-aride, présente cette particularité propre d'ailleurs à la zone méditerranéenne, d'être soumis, au cours de l'année, à deux climats successifs — l'un, chaud et sec (été), l'autre relativement froid et humide (hiver). Les deux facteurs climatiques — température et pluviométrie — varient donc en sens inverse au cours de l'année. Après la saison sèche, qui dure de 3 à 5 mois, comme il a été indiqué dans le chapitre précédent, les pluies commencent au mois d'Octobre (celles du mois de Septembre sont insignifiantes) et durent jusqu'aux mois de Mars-Avril, suivant la région. En

même temps, les températures s'abaissent assez rapidement à l'automne et augmentent plus lentement au printemps (elles atteignent leur maximum en Juillet-Août et leur minimum au mois de Janvier). La répartition des pluies n'est pas uniforme au cours de la saison humide : on constate deux maxima — l'un en Novembre-Décembre, l'autre au mois de Mars, l'hiver proprement dit étant relativement sec.

Il en résulte que les deux indices climatiques Fp et Ec subissent des variations importantes au cours de l'année. Les graphiques 2, 3, 4, 5 et 6 représentent les variations des valeurs mensuelles des indices Ec et Fp au cours de l'année.

Mais avant d'étudier les variations des indices climatiques du Maroc, il est utile de connaître leurs variations dans d'autres pays pour lesquels nous avons déjà des renseignements pédologiques. Elles sont représentées sur le graphique 7.

Ainsi, dans les régions de l'Europe, couvertes de sols de la série « noire » (podzols, tchernozems, sols châtains et sols gris désertiques) l'indice Ec diminue au cours de l'hiver et passe par un maximum en été — Nord de la France, Allemagne, Russie — (voir graphique 7, figures 2 et 4).

Dans la zone méditerranéenne occidentale, la courbe Ec possède, deux maxima, l'un à l'automne, l'autre au printemps, et deux minima, l'un hivernal, l'autre estival — Midi de la France, Sicile — (voir graphique 7, figure 2). Par contre, dans la Méditerranée orientale — Jérusalem (Palestine), Athènes (Grèce) — la courbe est à un seul maximum (hivernal) et un seul minimum (estival) par an (voir graphique 7, figure 2).

En ce qui concerne l'indice Fp, il faut faire une distinction entre la zone européenne continentale (Russie) et la zone maritime (Europe occidentale). Dans la zone continentale, les valeurs de l'indice Fp atteignent leur maximum en automne et au printemps et passent par un minimum en été et surtout en hiver où elles changent leur signe à cause des températures très basses, au dessous de zéro (voir graphique 7, figure 3). Dans la zone maritime, le « facteur pluviométrique » de Lang atteint son maximum en hiver et son minimum en été (voir graphique 7, figure 1).

a) Variations des valeurs mensuelles de l'indice $Ec \equiv P \times T$

(voir les graphiques 2 et 3)

Au cours de l'été, les valeurs de l'indice Ec restent très faibles (autour de 10^3). A l'automne, malgré l'abaissement. sensible de la température, elles augmentent très brusquement. La diminution de la pluviométrie aux mois de Janvier et de Février et **surtout le refroidissement hivernal** font baisser d'une manière très sensible les valeurs de cet indice. Au printemps, l'augmentation simultanée de la pluviométrie et de la température provoque, à nouveau, celle de l'indice qui baisse ensuite avec la sécheresse de l'été. On observe donc, deux maxima séparés par deux minima résultant de l'action concommittante des deux facteurs : pluie et chaleur. L'influence de ces facteurs sur les maxima ou les minima de la courbe varie suivant les saisons, comme on peut voir d'après le tableau (1) ci-après :

TABLEAU X

Influence des facteurs sur les maxima ou les minima de la courbe Ec :

Saison	Courbe	Facteurs climatiques
Automne	1er maximum	Pluviométrie élevée, température en baisse.
Hiver	1er minimum	Basses températures, pluviométrie en légère baisse.
Printemps	2ème maximum	Pluviométrie élevée, température en hausse.
Eté	2ème minimum	Pluviométrie presque nulle, température élevée.

(1) *Le facteur prédominant est placé en premier lieu.*

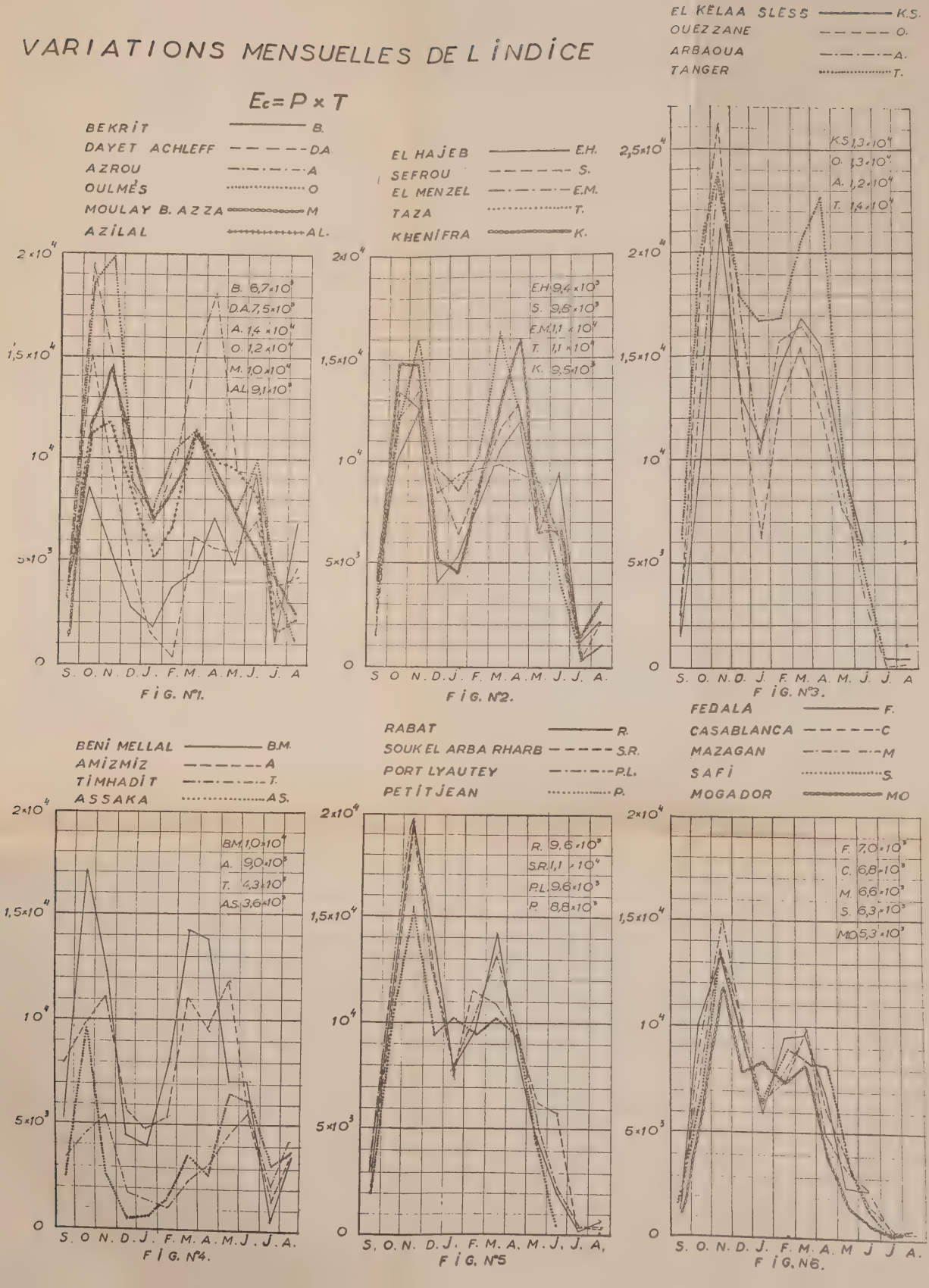
Il y a donc deux maxima et deux minima. Le minimum d'hiver est provoqué par l'abaissement de la température, le minimum d'été par absence de pluies. Les maxima correspondent aux époques où il pleut beaucoup (automne et printemps). A l'automne, l'accroissement de l'indice est dû à l'augmentation de la pluviométrie, au printemps à l'élévation de la température. Suivant les postes, l'allure de la courbe varie : dans la zone littorale atlantique, le maximum d'automne est plus élevé que celui de printemps, par contre, dans la zone continentale ou méditerranéenne, ils sont égaux.

La première zone — littorale atlantique (graphique 2) comprend la zone prériffaine (les Djeballa) (voir graphique 2, figure 3), la plaine du Rharb et le Littoral atlantique de Rabat jusqu'au Sous (voir graphique 2, figures 5 et 6). A cette zone on peut rattacher le massif des Zaer-Zaïan (postes d'Oulmes et de Moulay bou Azza, graphique 2, figure 1). Au fur et à mesure qu'on descend vers le sud, l'amplitude des courbes diminue, mais celles-ci gardent toujours la même allure. Ainsi, dans la partie Nord de cette zone (Rharb, région de Rabat) les valeurs du 1er maximum varient de $1,5 \times 10^4$ à $2,0 \times 10^4$, celles du 2ème de 10^4 à $1,5 \times 10^4$; par contre, au Sud de Casablanca, on trouve respectivement, pour le premier maximum : 10^4 et $1,5 \times 10^4$ et pour le deuxième 8×10^3 et 10^4 (voir graphique 2, figure 6).

La deuxième zone continentale couvre presque tout le reste du Maroc cis-atlasique : les zones de la moyenne montagne et des contre-forts (voir graphique 2, figures 2 et 4), la plaine du Saïs et le couloir sud-riffain (voi graphique 3, figure 1), les Doukkala (graphique 3, figure 2), une partie de la Chaouïa-Settat (graphique 3, figure 3), le Tadla, les Srarhna et le Haouz (graphique 3, figure 4). On peut rattacher à cette zone les postes du Maroc oriental (graphique 3, figure 5) Par contre, la haute Chaouïa (plateau phosphaté de Kouribgha) se rapproche plutôt de l'aire atlantique (graphique 3, figure 3). Comme dans la première zone, l'amplitude des courbes diminue aussi quand on descend vers le Sud. Ainsi, dans la région bien arrosée du Nord (Saïs, Zemmour) les valeurs des deux maxima oscillent entre 10^4 et $1,5 \times 10^4$, par contre, dans le Sud (Tadla, Haouz, Srharna) elles descendent jusqu'à 5×10^3 - 10^4.

VARIATIONS MENSUELLES DE L'INDICE

$$E_c = P \times T$$



VARIATIONS MENSUELLES DE L'INDICE $Ec = P \times T$

FEZ ——— F.
MEKNÈS - - - - - - - M
KASBA TADLA -·-·-·-·- K.T.
MARCHAND ····· MA.
TIFLET ∞∞∞∞∞ T.

SIDI BENNOUR ——— S.B.

TAMANAR - - - - - - T

SETTAT ——— S.
KOURIBGHA - - - - - - - K.
OUEDZEM -·-·-·-·- O.
EL BOROUJ ····· E.B.

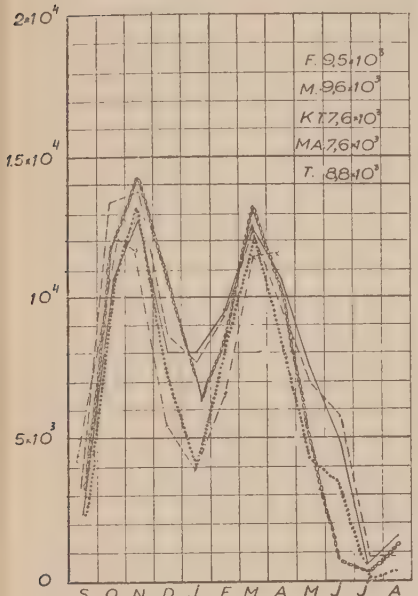


FIG. N°1.

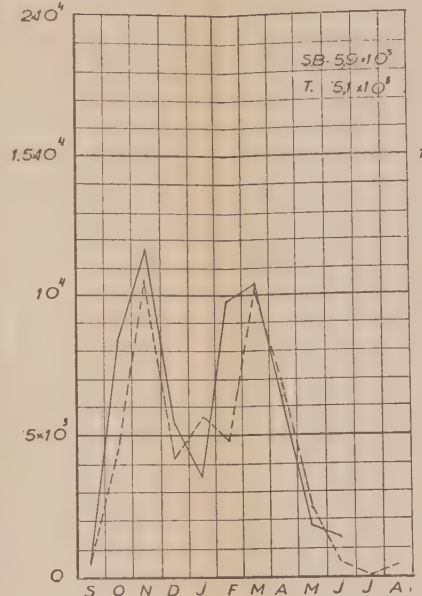


FIG. N°2

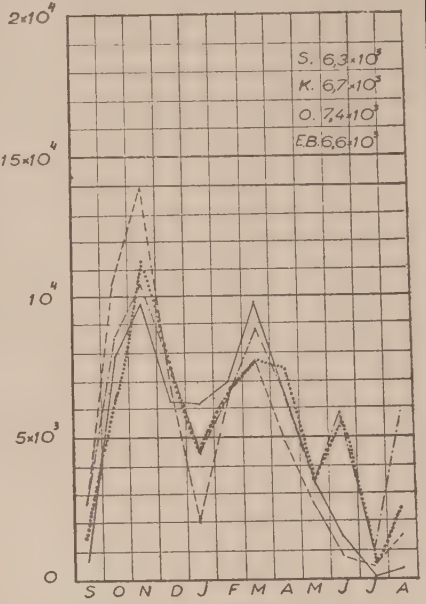


FIG. N°3.

CHEMAIA ——— C.
DAR OULD ZIDOUH - - - - - D.Z
KELAA DES SRARHNA -·-·-·- K.S.
MARRAKECH ····· M.
CHICHAONA ∞∞∞∞∞ C.A.

OUJDA ——— O
BERKANE - - - - - - B

AGADIR ——— A.
TAROUDANT - - - - - - T.
TIZNIT -·-·-·-·- T.I.
BOU DENIB ····· B.D.
GUERCIF ∞∞∞∞∞ G.
OUTAT EL HAJJ ++++++++++ O.

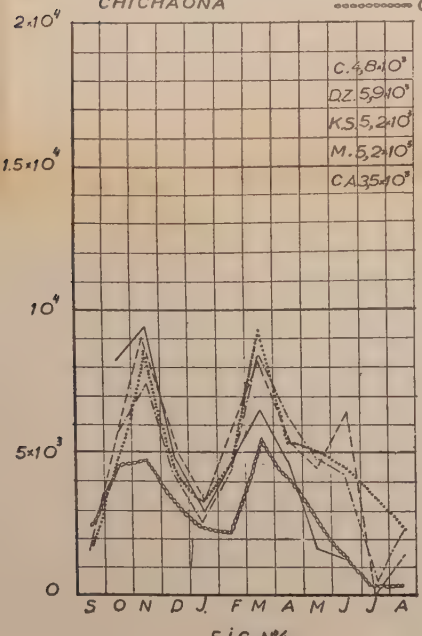


FIG. N°4.

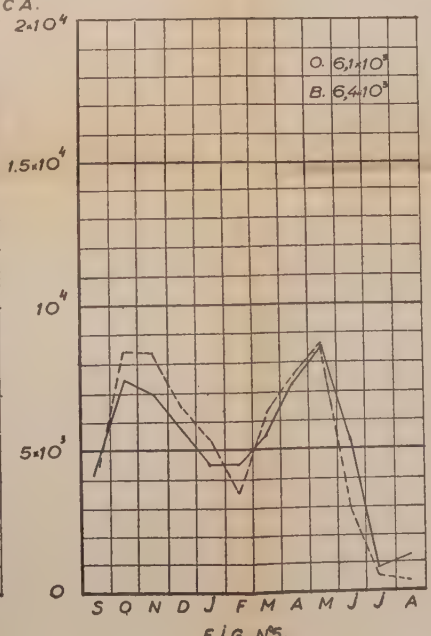


FIG. N°5.

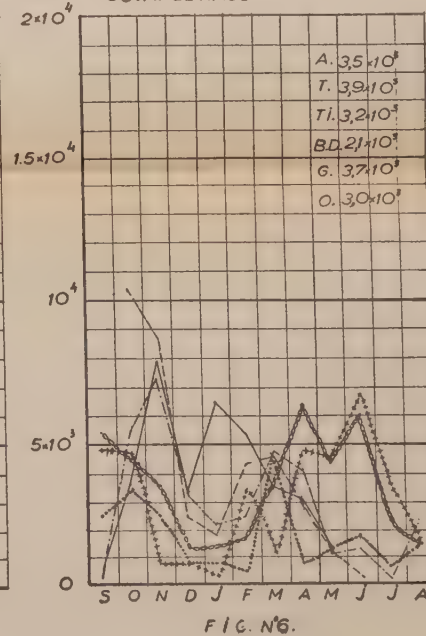


FIG. N°6.

Les courbes de l'indice Ec des postes de la haute montagne (Bekrit, Dayet Achleff, Timhadit) (voir graphique 2, figures 1 et 4) ainsi que celles de la vallée de la Moulouya (Assaka, Outat el Hajj, Guercif) (voir graphique 2, figure 4 et graphique 3, figure 6) diffèrent sensiblement des courbes des postes étudiés : elles ont tendance à avoir un seul maximum en été et un seul minimum en hiver. Cette variation de l'indice Ec, au cours de l'année est comparable à celle des postes de la zone des « sols noirs » et en particulier des régions désertiques de l'Asie centrale.

Par contre, dans le Maroc cis-atlasique, l'allure des courbes se rapproche de celle de la zone méditerranéenne.

b) Variations mensuelles de l'indice Fp = P/T

Le rapport Fp = P/T s'élève rapidement à l'automne, se maintient avec de hautes valeurs au cours de l'hiver et s'abaisse ensuite progressivement au printemps. Nous avons représenté, sur les graphiques 4, 5 et 6, les variations des valeurs mensuelles de Fp au cours de l'année.

Dans la zone montagneuse des Atlas, la saison pluvieuse dure 9 mois. Elle débute au mois d'Octobre et se prolonge jusqu'au mois de Juin. Au cours de cette saison, le « facteur pluviométrique » peut atteindre des valeurs élevées. Ainsi, dans la haute montagne il atteint 310 à Bekrit et 280 à Dayet Achleff (graphique 4, figure 1).

Dans la moyenne montagne (graphique 4, figures 1 et 2), le Fp n'atteint pas de chiffres aussi élevés : dans la partie centrale du Moyen-Atlas (Azrou) et dans le massif des Zaïan (Oulmes) (graphique 4) il varie entre 80 et 100 pendant les six mois les plus pluvieux (Novembre-Avril) (graphique 4, figure 1), par contre sur les pourtours (graphique 4, figure 2) il n'arrive qu'à 80-120 au cours de 4 mois seulement (Novembre-Mars) et le poste de Khénifra est déjà sous un climat plus sec qui se rapproche de celui des contre-forts de l'Atlas (Beni-Mellal, Amizmiz) où ce rapport varie suivant les postes entre 30 et 100 pendant les mêmes mois (graphique 4, figure 3).

Sur le versant méridional saharien (Assaka), le climat reste semi-aride, même au cours des mois pluvieux. Les valeurs de Fp ne dépassent pas 40 ; quatre mois seulement ont des valeurs supérieures à 20 (graphique 4, figure 3).

Dans la région prériffaine (Djeballa), pluvieuse, la saison humide dure huit mois et pendant six mois (Novembre-Avril) le Fp oscille autour de 90-120 (graphique 4, figure 4).

Dans la zone maritime plus sèche que la zone montagneuse, les chiffres du « facteur pluviométrique » sont nettement plus bas au cours de la saison humide et leurs valeurs diminuent au fur et à mesure qu'on s'avance vers le Sud.

Ainsi, dans la sous-zone que nous avons qualifiée semi-humide et qui comprend la partie Nord du pays, les chiffres du maximum oscillent, pendant cinq mois (Novembre-Mars) entre 60 et 90 dans le Saïs (région de Fès) (graphique 4, figure 5 et de 50 à 70 dans la région de Rabat (graphique 5, figure 1) pendant les mêmes mois.

Plus au Sud, dans la sous-zone semi-humide, ces valeurs ne dépassent pas 40-60 sur le littoral (graphique 5, figure 2) et 30-60 dans la Haute-Chaouïa et le Tadla (graphique 5, figure 3).

Dans la sous-zone sèche, ces maxima se maintiennent autour de 30 à 50 pendant cinq mois, dans la partie nord et sur le littoral (graphique 6, figure 1) et leurs valeurs s'abaissent jusqu'à 20-40 dans la partie Sud, le Tadla et le Haouz (graphique 6, figure 2).

Dans les Triffa et la région d'Oujda (Maroc oriental), on n'observe pas de maximum en palier comme dans le reste du Maroc : les courbes de Fp des stations étudiées atteignent leur maximum au début de l'hiver (Décembre-Janvier), 60 à Oujda, 45 à Berkane et descendent ensuite assez progressivement au printemps (graphique 6, figure 9).

Enfin, dans la zone désertique saharienne, les valeurs de Fp ne dépassent presque pas la limite de 20 (graphique 6,

VARIATIONS MENSUELLES DU FACTEUR PLUVIOMETRIQUE $\frac{P}{T}$ DE LANG

BEKRIT ——— B.
DAYET ACHLEFF — — — — D.
AZROU —·—·—·— AZ.
OULMÈS + + + + + + O.
MOULAY B. AZZA ••••••••• M.
AZILAL ○○○○○○○○○○○ A.

	P	T	$\frac{P}{T}$	MOIS DURÉE	$\frac{P}{T}$
B.	637	105	606	0-J	9	126
D.	694	104	670	0-J	9	135
AZ.	881	150	580	0-J	9	86
O.	791	150	528	0-J	9	113
M	609	166	366	O-M	8	72
A	585	155	377	O-M	8	74

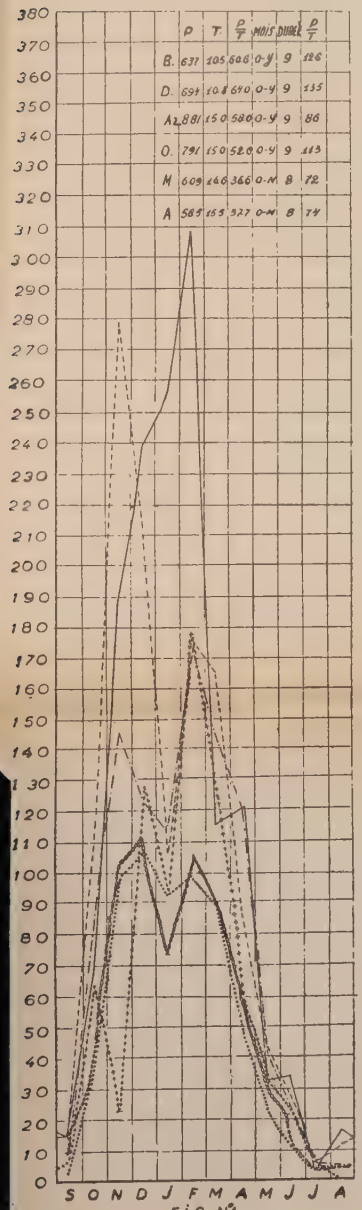


FIG. N°1.

EL HAJEB ——— H.
SEFROU — — — — S.
EL MENZEL —·—·— M.
TAZA ..... T.
KHENIFRA ○○○○○○○○○ K.

	P	T	$\frac{P}{T}$	MOIS DURÉE	$\frac{P}{T}$
H.	685	140	491	0-J	9	78
S.	646	151	428	O-M	8	80
M.	645	164	393	O-M	8	78
T.	638	176	363	O-M	7	86
K.	558	182	318	O-M	7	69

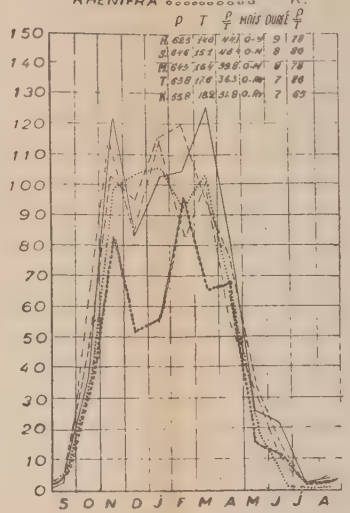


FIG. N°2.

BENI MELLAL ——— B.
AMIZMIZ — · — — — AM.
TIMHADIT —·—·—·— T.
ASSAKA •••••••••••••• A.

	P	T	$\frac{P}{T}$	MOIS DURÉE	$\frac{P}{T}$
B.	537	198	280	0-M	7	55
AM.	555	159	355	O-M	8	74
T.	[illegible]					
A.	249	244	124	O-M	6	55

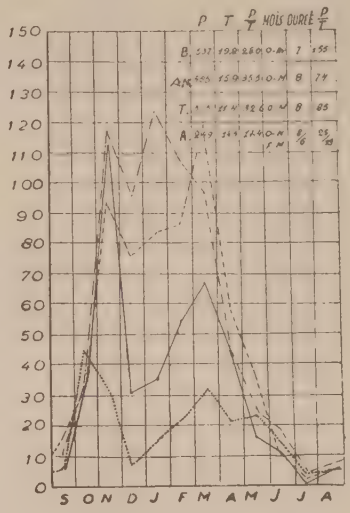


FIG. N°3.

EL KELAA SLESS ——— K.S
OUEZZANE — — — — — O.
ARBAOUA —·—·—·— A.
TANGER ••••••••••••••• T.

	P	T	$\frac{P}{T}$	MOIS DURÉE	$\frac{P}{T}$
K.S.	696	188	365	O-M	8	73
O.	735	178	412	O-M	8	78
A.	683	182	365	O-M	8	74
T.	826	124	479	O-M	8	86

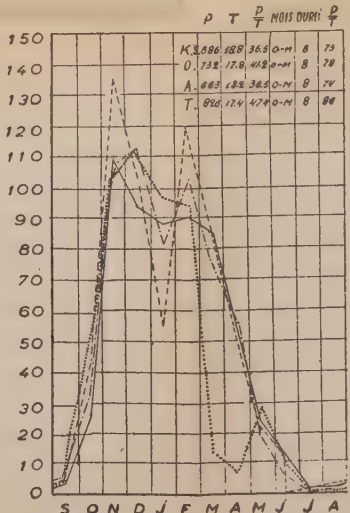


FIG. N°4.

FEZ ——— F.
MEKNÈS — — — M.
SOUK EL ARBA RHARB —·—·—·— S
PORT LYAUTEY ..... PL.
PETITJEAN ○○○○○○○○○○○ PE

	P	T	$\frac{P}{T}$	MOIS DURÉE	$\frac{P}{T}$
F.	540	175	309	O-M	8	68
M.	577	166	347	O-M	8	68
S.	582	177	328	O-M	7	68
PL.	549	174	315	O-M	7	65
PE.	467	188	248	O-M	7	50

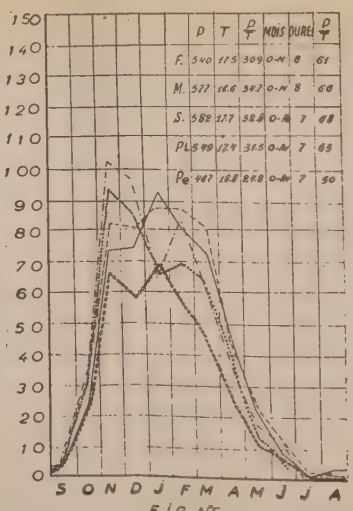


FIG. N°5

VARIATIONS MENSUELLES DU FACTEUR PLUVIOMETRIQUE $\frac{P}{T}$ DE LANG.

RABAT ——— R.
MARCHAND — — — — M.
TIFLET ..... T.

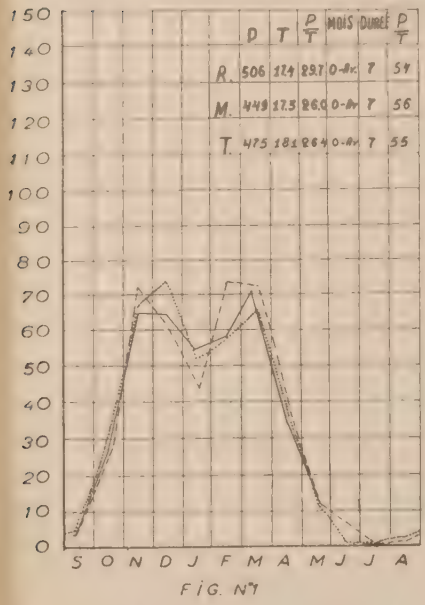


FIG. N°1

FEDALA ——— F.
CASABLANCA — — — — C.
MAZAGAN ..... M.

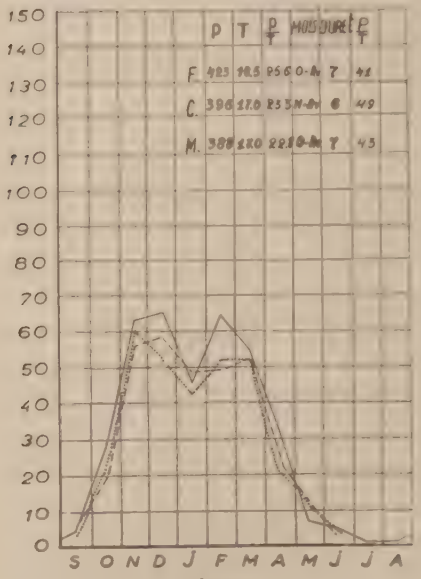


FIG. N°2.

SETTAT ——— S.
KOURIBGHA — — — — K.
OUED ZEM —·—·—·— O.Z.
KASBA TADLA ..... K.T.

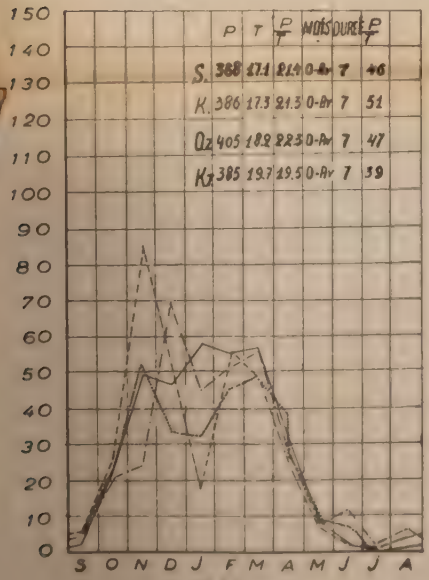


FIG. N°3

OUJDA ——— O.
BERKANE — — — — B.

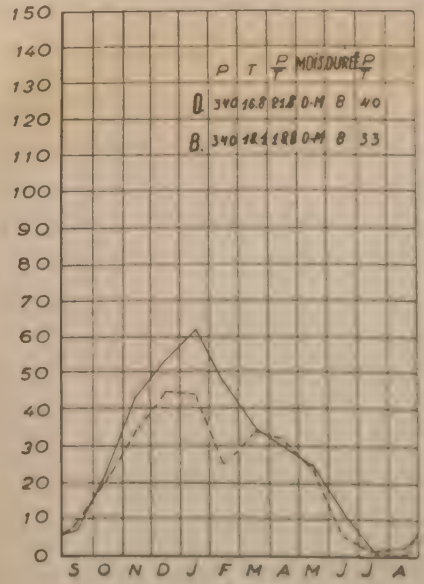
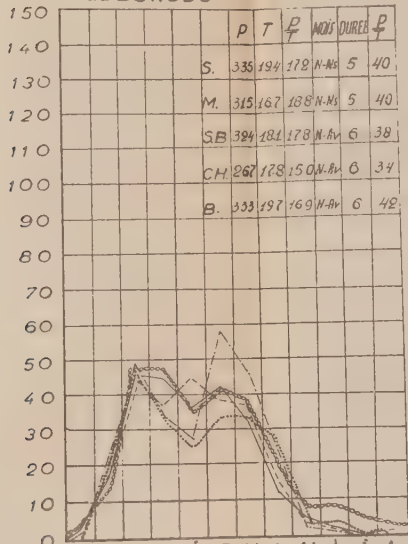


FIG. N°4.

VARIATIONS MENSUELLES DU FACTEUR PLUVIOMETRIQUE $\frac{P}{T}$ DE LANG

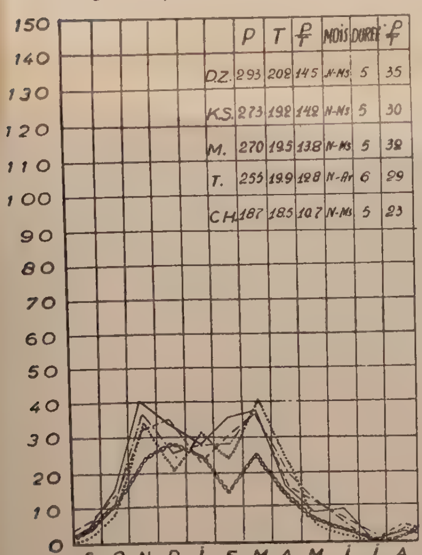
SAFI ——— S.
MOGADOR — — — M.
SIDI BENNOUR —·— —·— S.B.
CHEMAIA ··········· CH.
EL BOROUJ ∘∘∘∘∘∘∘∘∘∘ B.



	P	T	P/T	MOIS	DUREE	P/T
S.	335	194	172	N-Ms	5	40
M.	315	16.7	188	N-Ms	5	40
SB	324	18.1	178	N-Av	6	38
CH	267	17.8	150	N-Av	6	34
B.	333	197	169	N-Av	6	42

FIG. N°1.

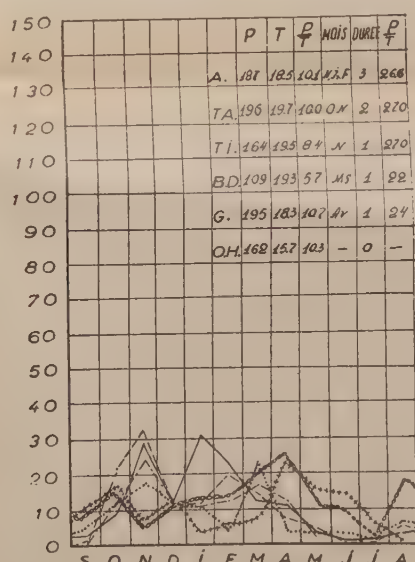
DAR OULD ZIDOUH ——— DZ
KELAA DES SRARHNA — — — — K.S
MARRAKECH — — —·— M
TAMANAR ······ ····· ··· T.
CHICHAONA ∘∘∘∘∘∘∘∘∘∘∘∘ CH.



	P	T	P/T	MOIS	DUREE	P/T
DZ.	293	20.2	145	N-Ms	5	35
KS.	273	19.2	142	N-Ms	5	30
M.	270	19.5	138	N-Ms	5	32
T.	255	19.9	128	N-Ar	6	29
CH.	187	18.5	107	N-Ms	5	23

FIG. N°2.

AGADIR ——— A.
TAROUDANT — — — TA.
TIZNIT — —·—·— TI.
BOU DENIB ··········· BD.
GUERCIF ∘∘∘∘∘∘∘∘∘∘ G.
OUTAT EL HAJJ ++++++++++ O.H.



	P	T	P/T	MOIS	DUREE	P/T
A.	187	18.5	101	N.J.F	3	266
TA.	196	19.7	100	O N	2	270
Ti.	164	19.5	84	N	1	270
BD.	109	19.3	57	Ms	1	22
G.	195	18.3	107	Ar	1	24
OH.	162	15.7	103	—	0	—

FIG. N°3.

figure 3,). Dans le Sous et même dans le Sahara (poste de Bou-Denib) **les pluies tombent au cours de l'hiver** et la courbe de Fp possède son maximum en hiver. Par contre, dans la vallée de la Moulouya, au Maroc oriental (Postes d'Outat el Hajj et de Guercif), les **pluies sont plutôt printanières et estivales** (Septembre), de sorte que la courbe de Fp passe par un maximum au mois d'Avril, quand les températures ne sont pas encore trop élevées. Cette répartition des pluies caractérise, d'après KOROVINE, les déserts du type centre-asiatique continental. Cette vallée de la Moulouya, grâce à sa position géographique, forme donc une petite tache du type centre-asiatique, au milieu de la zone méditerranéenne.

4) CONCLUSIONS GENERALES

Il faut noter d'abord que le Maroc appartient dans son ensemble, à une même zone thermique. Les températures moyennes annuelles y varient, d'une manière générale, entre 15 et 20° C. Par contre, les variations de la pluviométrie sont beaucoup plus importantes (de 100 à plus de 900 mm par an). L'étude de la répartition des pluies et des variations de températures au cours de l'année, à l'aide de graphiques $Ec = P \times T$ et $Fp = P/T$ montre l'originalité du climat du Maroc par rapport à celui de l'ensemble de la zone méditerranéenne.

Cette originalité du Maroc, au sein de la zone méditerranéenne est dûe à la fois, à la situation géographique du pays largement ouvert à l'Ouest vers l'Océan atlantique et à sa constitution physique : les hautes montagnes atlasiques protègent, quoique imparfaitement, les plaines et les plateaux occidentaux de l'influence désertique du Sahara, tandis que la chaîne du Rif les sépare de la Méditerranée. Ces conditions géographiques contribuent à la diversité du pays qui, sur le graphique 1, occupe une aire de dispersion aussi vaste que celle de la Russie. En raison de cette diversité, les conditions de formation des sols sont assez variées.

D'après l'indice Ec qui caractérise l'énergie de transformation des roches, les sols du Maroc se placent à la limite sep-

VARIATIONS MENSUELLES DES INDICES $E_c = P \times T$ ET $F_p = P/T$

ROUEN. — MARSEILLE.
PARIS. - - - - JERUSALEM + + + + +
BERLIN — · — · — ATHENES. o+o+o+o+o
MONTPELLIER. ····· PALERME.

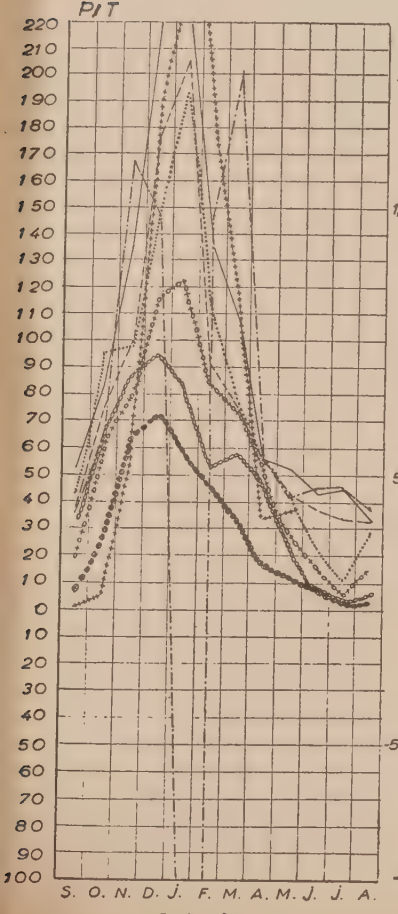


FIG. N° 1

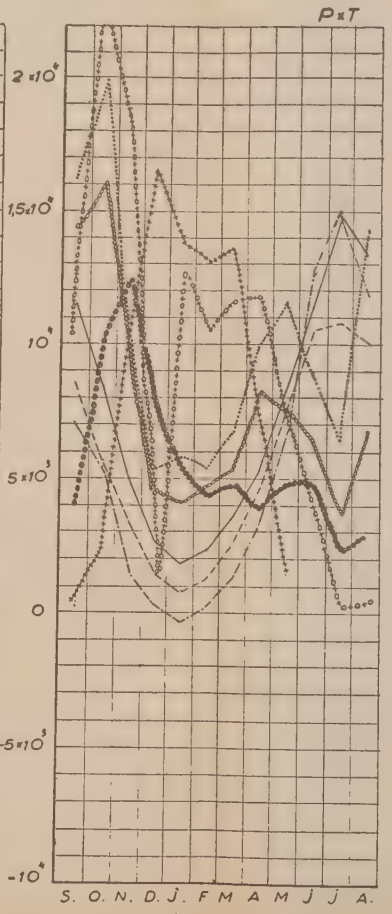


FIG. N° 2

MOSCOU — M. OUZENSK ·····
SARATOV - - - - MERV o+o+o+o+o
ODESSA — · — · —

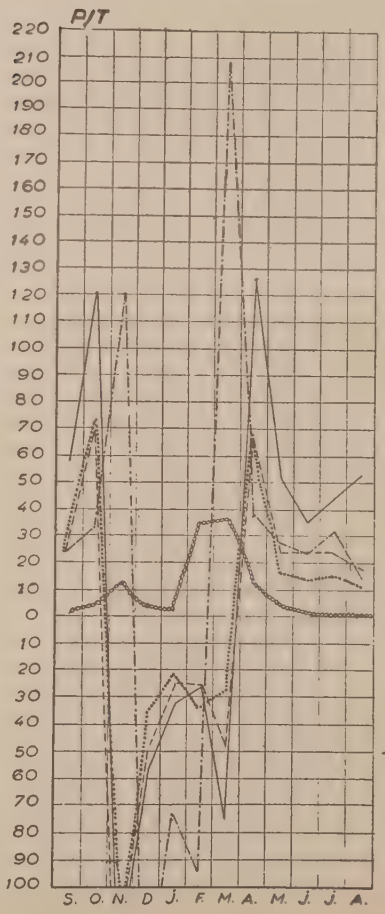


FIG. N° 3

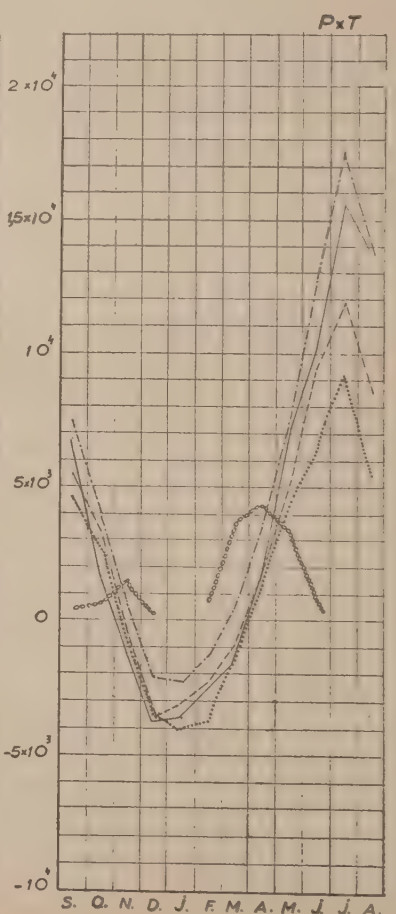


FIG. N° 4

VARIATIONS MENSUELLES DES INDICES $E_0 P \cdot T$ ET $E_0 P/T$

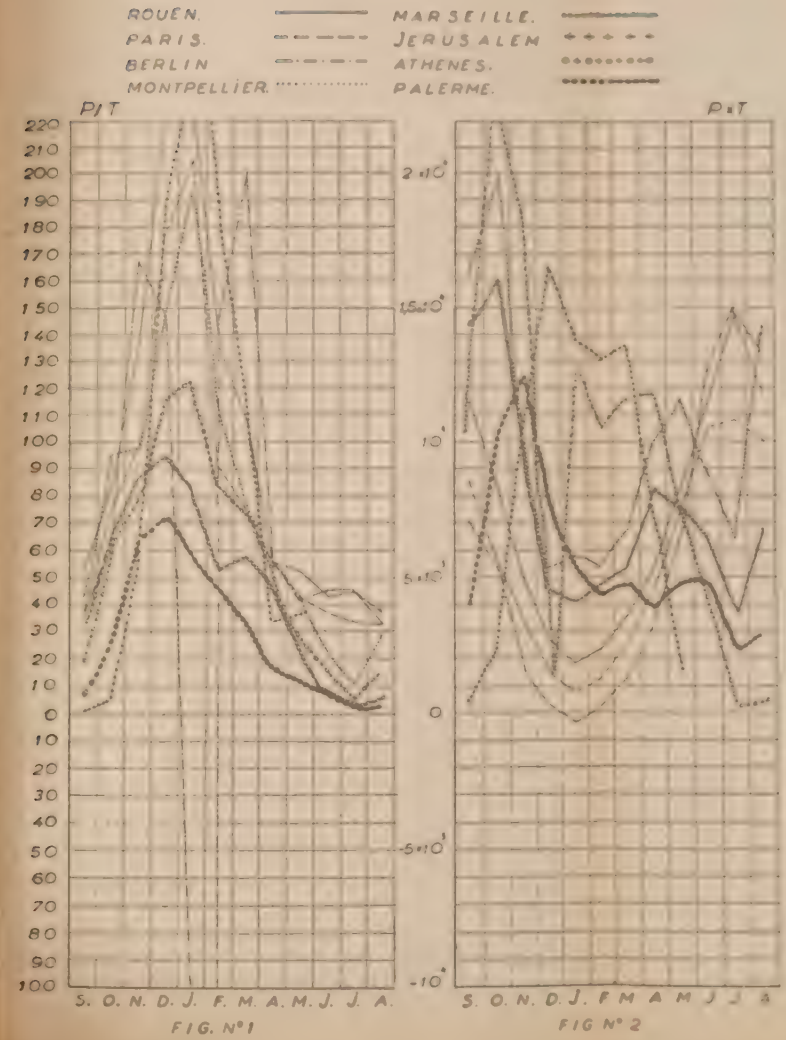


FIG. N°1 FIG N° 2

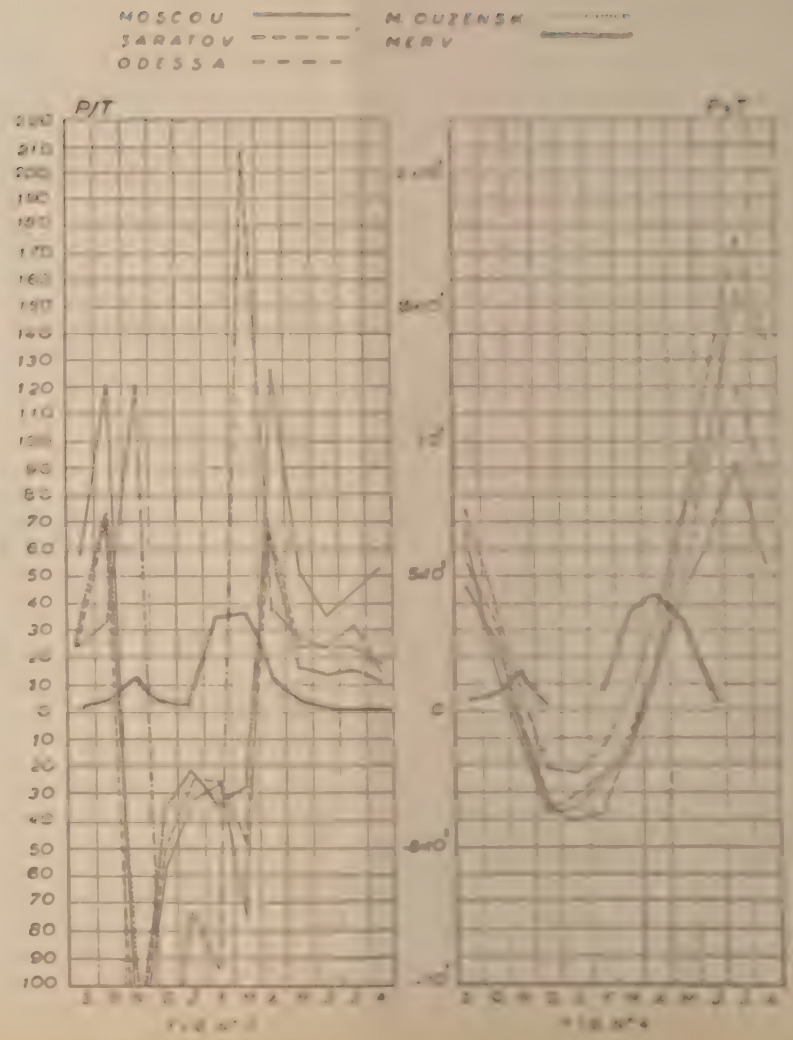


FIG N° 3 FIG N° 4

les horizons supérieurs. La sécheresse estivale provoque ensuite la dessication du sol, et les produits de transformation peuvent passer à l'état insoluble et même cristallisé.

Cette interprétation de l'influence des facteurs climatiques sur les processus de formation des sols (décomposition des roches et déplacement des produits transformés) peut expliquer le fait signalé dans les pages précédentes, que les profils des sols marocains ont un double aspect qui semble résulter de ce que les sols de ce pays sont simultanément le siège de deux phénomènes opposés : lessivage et remaniement sur place des produits transformés et peut-être remontés. Ceci est surtout vrai pour les sols à croûte.

Le premier phénomène, c'est-à-dire le lessivage, semble avoir lieu à l'automne et en hiver, le deuxième, c'est-à-dire le remaniement sur place, au printemps.

Dans les régions bien arrosées du Nord et en bordure de la montagne, c'est le phénomène du lessivage qui semble prédominer, tandis que dans le Sud c'est le remaniement sur place.

Ainsi dans la partie Nord (1) de la zone maritime on rencontre, dans les régions bien drainées, des sols de couleur rouge bien lessivés et même décalcifiés (Hamri) ; les sols à croûte sont plutôt rares ; le lessivage du calcaire semble être intense, tandis que sous ces conditions climatiques le fer ne se déplace pas beaucoup dans le profil. Dans certains endroits plus humides, mais non marécageux (massif des Zaër, région de Rabat) on rencontre des sols particuliers du type «Mekzaz» à l'horizon supérieur très riche en concrétions ferrugineuses, analogues aux concrétions calcaires des sols à croûte graveleuse du Sud. Enfin, dans les bas-fonds marécageux on rencontre des tirs typiques.

Par contre, dans le Sud de cette zone les sols de couleur brun-rosâtre sont peu lessivés (2). D'après leur degré de les-

(1) *On trouvera l'étude des quelques profils de cette zone dans la note de* MM. Miège *et* Bryssine — *Contribution à l'étude de quelques sols types de la région de Rabat.*

(2) *Voir — Etude préliminaire des sols et des aptitudes agricoles du périmètre irrigable des Triffa.*
Etude préliminaire des sols du périmètre irrigable des Srarhna.

sivage on peut les ranger **provisoirement parmi les sols steppiques ou sub-désertiques, mais appartenant à la série « rouge »**. Les sols à croûte ou « encroûtés » sont bien développés dans ces régions.

Enfin, dans la zone montagneuse on peut trouver des sols du type européen — sols bruns forestiers et sols podzoliques ou sols « rouges » du Midi de la France.

Georges BRYSSINE

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME. — Culture du coton dans les nouvelles régions de l'U.R.S.S. (en russe). Moscou 1934.

AGAFONOFF. — Des sols de France, au point de vue pédologique. Dunod, Paris, 1936. — Sols types de Tunisie.

G. BRYSSINE, G. GRILLOT, L. VIRELIZIER. — Etude préliminaire des sols et des aptitudes agricoles du périmètre irrigable des Triffa.

G. BRYSSINE, A. FOURY, G. GRILLOT. — Etude préliminaire des sols du périmètre irrigable des Srarhna.

G. BRYSSINE. — Contribution à l'Etude des sols de l'Extrême Sud Marocain. C.R. de la Conférence de Pédologie Méditerranéenne. Alger, Montpellier, 1947.

DEMOLON A. — La dynamique du sol. 4ème édition. Dunod. Paris 1948.

GLINKA (K.D.). — Pédologie (en russe). Moscou. 1934.

G. GRILLOT. — La zone méditerranéenne. — Le milieu marocain (aperçu géographique et agricole).

JACKS (G.V..) — Soil, vegetation and climate. Imperial Bureau of Soil Science. Techn. com. N° 29. Harpenden. 1934.

KELLOGG (Ch. E.). — Climate and Soil. In Climate and Man. Yearbook of Agriculture. 1941.

DE MARTONNE (Emm). — Traité de géographie physique. Armand Colin. Paris. 1934.

E. MIEGE et G. BRYSSINE. — Contribution à l'étude de quelques sols types de la région de Rabat .C.R. de l'Ass. Maroc. pour l'étude des sols, N° 2.1939.

PAPADAKIS (J.S.). — Ecologie Agricole. Bibliothèque agronomique belge. Gembloux. Paris. 1938.

Relevés climatologiques et tableaux des Températures et pluies moyennes mensuelles publiés par le Service de Physique du globe et de Météorologie de l'Institut Scientifique Chérifien.

VILENSKY (D.G.). — Sur quelques régularités du développement du processus de formation des sols. (en russe, résumé en français). « Pédologie » N° 6. 1937.

Georges GRILLOT et Georges BRYSSINE

Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc

Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc

En Afrique du Nord, l'agriculteur connait deux préoccupations très importantes : l'eau et l'humus.

La pénurie de l'eau dans le sol est pour la prospérité de ses cultures le facteur limitant essentiel. La sécheresse persistante qui sévit durant la saison chaude, de mai à octobre, et l'irrégularité des précipitations pendant la saison humide et relativement fraîche qui s'étend d'octobre à mai le contraignent, soit à apporter par l'irrigation l'eau qui fait défaut, soit à l'emploi de techniques propres, dans son esprit, à emmagasiner le plus d'eau possible dans ses terres afin que sa culture y bénéficie, croit-il, non seulement des précipitations qu'elle reçoit, mais aussi grâce à la jachère travaillée, des pluies de la campagne précédente. C'est là un dogme encore solidement établi chez la plupart des colons nord-africains.

D'autre part, la pauvreté habituelle des terres en humus, la culture intensive, la diminution de matière organique due à l'absence de végétation au cours de l'année de jachère travaillée nue, la pénurie de fumier qu'entraîne l'assolement biennal jachère travaillée-blé qui supprime l'élevage, ne peuvent que conduire plus ou moins rapidement à la détérioration des terres, à l'abaissement de leur fertilité naturelle.

C'est pourquoi l'enfouissement d'engrais verts au cours de l'année de jachère est considéré comme un adjuvant recommandable, mais beaucoup plus souvent recommandé qu'appliqué.

Or, en ce qui concerne l'action de la jachère travaillée, BOEUF et NOVIKOFF, après avoir effectué de 1933 à 1935 des essais en cases lysimétriques, ont démontré que :

1° La jachère travaillée nue accroît au total, au cours des deux années de l'assolement biennal, la quantité d'eau drainée en hiver et au printemps vers la profondeur, c'est-à-dire vers la nappe phréatique car, disent les auteurs, il est probable que peu de cette eau remonte vers la surface.

2° Au printemps, toutes les cultures — quelle qu'ait été la sole précédente — ont asséché à peu près également le sol ; seule, la jachère travaillée nue conserve remarquablement l'humidité pendant le printemps et l'été, autrement dit jusqu'à l'automne qui suit, c'est-à-dire jusqu'aux semailles de blé.

3° La différence de teneur en eau, constatée ainsi au début de l'automne entre la jachère et les parcelles ensemencées s'efface pendant l'hiver et le printemps suivants, c'est-à-dire pour la culture suivante.

D'autre part, De CILLIS, en 1927, s'est élevé avec virulence contre l'emploi des engrais verts sous climat aride et chaud, à cause de la mauvaise économie du système et de l'énorme perte d'eau soustraite au sol par cette pratique, perte qu'il évaluait par le raisonnement et le calcul à 3.000 tonnes par hectare.

Partant donc :

1° du fait établi par BOEUF et NOVIKOFF que l'efficacité, reconnue par les praticiens, de la jachère travaillée ne résulte pas d'un stock hivernal d'eau plus important mis par cette technique à la disposition de la culture suivante, mais plus probablement du maintien estival et automnal de l'humidité dans le sol en jachère, jusqu'aux semailles de blé ;

2° de l'intérêt que l'enfouissement d'engrais verts peut présenter pour la terre et les cultures si l'on prend soin d'éviter l'assèchement printanier et estival de la terre en coupant de bonne heure la plante à enfouir aussitôt ;

3° de l'éventualité d'effets possibles différents de cette pratique suivant la nature des différentes terres du Maroc. Nous avons voulu étudier, dans des terres soumises à la rotation biennale jachère travaillée-blé, quelle serait l'évolution des divers types de sols du Maroc, et en particulier celle de leur humidité, suivant que ces terres sont traitées durant l'année de jachère, soit en jachère nue travaillée, soit en jachère travaillée supportant tout d'abord une plante enfouie comme engrais vert.

Le projet de travail que nous avions tout d'abord établi, en 1942, prévoyait l'étude des modifications physico-chimiques des sols et celle de la valeur agricole respective des deux méthodes de cultures mises en comparaison, mais les évènements nous ont empêché de le réaliser. C'est seulement à partir de la campagne 1944-1945 que nous avons pu doser périodiquement l'humidité des sols et mesurer les eaux de percolation. L'étude des autres questions n'a pu être effectuée.

Nos observations ont été faites à Rabat au cours des campagnes 1944-1945 et 1945-1946 en cases lysimétriques cubiques de 1 m^3.

Nous disposions à cet effet de 12 cases réparties en trois séries correspondant à trois categories très différentes de sols : « Tirs », « Hamri » et « R'mel » reconstitués selon leurs horizons successifs naturels.

SOLS

Tirs. — On donne au Maroc le nom de tirs à différents sols noirs qui souvent n'ont aucune parenté génétique entre eux. Celui qui nous a servi pour nos expériences est un sol

formé dans des conditions marécageuses. Il est à peu près complètement dépourvu de calcaire.

C'est une terre argileuse, noirâtre, lourde ; sa structure est motteuse à la partie supérieure, columnaire prismatique à la partie inférieure ; l'horizon le plus profond est gleyeux.

Hamri. — On donne le nom de hamri aux divers sols rouges, quelle que soit leur origine pédologique. Il s'agit ici d'un sol rouge à croûte calcaire, sur calcaire friable (probablement limon quaternaire fortement calcifié).

C'est une terre rouge, calcaire, très argileuse, de plus en plus calcaire vers la profondeur, à structure granuleuse à la partie supérieure (0 à 30 cm) tandis que les horizons sous-jacents qui reposent sur le calcaire encroûté sont, quoique moins argileux et davantage calcaires, plus compacts avec une structure en noisettes prismatiques.

R'mel. — Les R'mels sont des sols sableux de couleur rosâtre. Aux environs de Rabat, ils ont l'aspect de sols podzolisés.

Notre R'mel est dans ses horizons supérieurs une terre légère, grisâtre en haut, rosâtre en bas, non structurée (c'est-à-dire structure granulaire simple) ; ses horizons inférieurs sont argileux (30 %), sableux, jaunes en haut, rouges en bas.

L'analyse mécanique des sols étudiés a été faite d'après la méthode internationale ; la capacité de rétention a été déterminée pour chaque horizon par la méthode de BOUYOUCOS et le coefficient de flétrissement a été calculé d'après la formule : Humidité équivalente/1,84 = coefficient de flétrissement.

Les caractères physiques ont été déterminés dans chaque case et pour chaque horizon ; le tableau ci-contre résume schématiquement les résultats d'analyse.

NATURE DU SOL	ARGILE %	LIMON %	SABLE FIN %	SABLE GROSSIER %	CALCAIRE %	HUMUS %
TIRS	44 à 50	31 à 23	18 à 24	3 à 5,5	0	1,5
HAMRI	50 à 60 13 au-dessous de 60 cm.	7 à 11	18 à 9 au-dessous de 60 cm.	4 à 0,2	8 à 35 — 77 au fond	0,5
R'MEL — Horizons supérieurs sableux	5 à 6	2 à 4	70 à 65	22-23	0	1,3-0,6
R'MEL — Horizons inférieurs argileux	44	7,4	39	9	0	n. d.

La capacité de rétention et le coefficient de flétrissement se trouvent indiqués, pour chaque case et chaque horizon, par les courbes correspondantes des graphiques. Les propriétés hydriques sont, dans l'ensemble et en moyenne les suivantes :

PROPRIÉTÉS HYDRIQUES	TIRS	HAMRI	R'MEL	
Capacité de rétention ..... % terre sèche.	Bouyoucos : 31 à 33 Observé : 25	22	Horizon supérieur sableux	7-8
			Horizon inférieur argileux	28
Coefficient de flétrissement ..... % terre sèche.	17-19	12	Horizon supérieur sableux	4
			Horizon inférieur argileux	16

Nous signalerons incidemment que, dans le tir la capacité de rétention (31 à 33 %) déterminée par la méthode de BOUYOUCOS apparaît supérieure à l'humidité de la terre (25—27 %) dosée pendant les périodes de percolations. Dans le hamri et le r'mel, on n'observe pas de différence. Dans nos graphiques nous avons admis pour la capacité de rétention du tirs l'humidité de 25 % et pour coefficient de flétrissement 15 %.

En outre, la capacité de rétention du tirs, sol argilo-limoneux assez riche en humus, est supérieure à celle du hamri, sol ici beaucoup plus argileux, mais calcaire et pauvre en humus. Il faut attribuer ce fait, à notre avis, d'une part, à la nature des colloïdes et, d'autre part, à l'état structural des sols.

CLIMAT

Rabat, où nous avons opéré, est sur la côte Atlantique du Maroc.

La pluviométrie annuelle moyenne est relativement élevée : 506 mm. Elle est répartie sur neuf mois de l'année, en général de septembre à mai, dont six mois vraiment humides (indices d'aridité de de MARTONNE supérieur à 20), de novembre à avril.

L'humidité relative de l'air est élevée (79,6 %) plus forte en hiver qu'en été mais elle croît régulièrement au cours de l'été ; le mois le moins humide est le mois de mai.

La moyenne annuelle des températures y est relativement peu élevée pour le Maroc (17°4) ce qui est dû à la situation atlantique de la station. La région reçoit en moyenne au cours de l'année 6.353° (somme des températures) et seulement 2.544° au cours des mois humides.

Les amplitudes annuelles et mensuelles des moyennes des maxima et minima sont faibles et oscillent autour de 11°.

On peut considérer le climat de Rabat, d'après l'indice d'aridité de DE MARTONNE, comme demi-aride. En réalité, cet indice varie énormément et il atteint des valeurs relativement élevées au cours de la saison pluvieuse, surtout aux mois de novembre et de mars. En cette saison le climat est franchement humide. Du point de vue pédologique, il correspond à celui de la zone des sols bruns même légèrement podzolisés.

La campagne agricole (du 1er septembre au 31 août) 1943-1944 qui précéda nos observations fut une année de pluviométrie moyenne : 520 mm 5.

L'année 1944-1945 fut particulièrement remarquable **à cause de sa pluviométrie extraordinairement faible : 252,5** (contre 506 en moyenne). Au début de l'année agricole, la pluviométrie fut normale, **mais les pluies cessèrent au mois**

de janvier. Il n'y eu donc que deux mois humides : novembre et décembre. Toutefois l'humidité de l'air a été assez grande : 80,7 %, surtout au printemps et en été, malgré la faible pluviométrie.

En 1945-1946, le total des précipitations (497 mm 8) a été voisin de la moyenne, et les pluies ont été bien réparties au cours de l'hiver, mais elles se prolongèrent ensuite anormalement jusqu'au mois de juin, après une période de sécheresse en mars-avril. L'humidité relative de l'air fut élevée, surtout au cours de l'été.

OPERATIONS AGRICOLES

Les cases cultivées en assolement biennal, jachère travaillée-blé, furent utilisées comme il est indiqué sur les graphiques.

En 1943-1944, le pois avait été employé comme engrais vert, mais à cause de notre projet initial d'étude, et pour éviter l'action enrichissante en azote des nodosités des légumineuses, nous avons pris comme engrais vert le colza, à partir des semailles 1944.

En 1944-1945, le blé fut semé le 5 décembre et moissonné le 14 mai dans le tirs et le hamri, le 23 mai dans le r'mel.

Le colza fut semé du 13 au 16 décembre, coupé et enfoui le 10 mars.

En 1945-1946, le blé fut semé le 7 décembre et moissonné le 4 juin ; le colza semé le 27 novembre, fut coupé le 4 mars et aussitôt enfoui.

La jachère, au cours des deux campagnes, a subi les travaux habituels : déchaumage, labour d'hiver, recroisement de printemps et binages d'été ; toutefois, dans les cases à engrais vert, le premier labour fut donné à l'automne, avant le semis de colza, et le recroisement servit à l'enfouissement de ce dernier.

L'extraordinaire sécheresse de la campagne 1944-1945 qui aboutit à l'anéantissement presque total de toutes les récoltes de grains de l'année, et qui exposa les jachères à un régime climatique anormal susceptible d'agir aussi sur les cultures de la campagne suivante modifia sensiblement le sens de nos essais en réduisant la valeur et par conséquent l'intérêt des considérations agricoles relatives aux cultures et à leurs rendements, mais elle nous donna par contre la possibilité d'effectuer sur l'humidité du sol des jachères, des observations, fort intéressantes en raison même de cette sécheresse.

ETABLISSEMENT DES GRAPHIQUES

Les graphiques que nous avons établis donnent tout d'abord, en haut, la courbe des températures moyennes ainsi que la pluviométrie, à gauche les images des profils.

Les dosages d'humidité ont été faits pour chaque case au début de chaque mois (avec prélèvement latéral des échantillons dans les cases), aux profondeurs indiquées sur les graphiques.

Les graphiques indiquent, en abscisses, le temps, c'est-à-dire les dates d'analyses, en ordonnées la profondeur des prélèvements ; aux intersections sont inscrits les taux d'humidité observés, rapportés à la terre sèche, après dessication de l'échantillon étudié poursuivie jusqu'à p o i d s constant à la température de 105°. D'après ces données, nous connaissons pour chaque case, et chaque mois, la répartition de l'humidité suivant la profondeur, et pour chaque niveau l'évolution de cette humidité suivant la saison. Par interpolation nous avons déterminé les points correspondants, à divers taux d'humidité 5, 10, 15, 20, 25 et 30 %, ce qui nous a permis de tracer ensuite les courbes d'égale humidité, en fonction du temps et de la profondeur.

Nous avons pu également, et par interpolation, tracer les courbes, très importantes pour les agriculteurs, des taux d'humidité correspondant : l'une, en trait fort et plein, à la capa-

cité de rétention, l'autre, en trait fort et pointillé au coefficient de flétrissement. Ces deux courbes seraient évidemment chacune une ligne d'égale humidité si la terre de chaque case était homogène ; mais sauf dans le tirs qui est homogène à ce point de vue, il n'en est pas ainsi du fait que dans chaque case a été reconstitué, aussi bien que possible, le profil initial de la terre étudiée ; c'est pourquoi il arrive dans le hamri et le r'mel que ces deux courbes coupent les lignes d'égale humidité.

Les mesures de l'eau de percolation ont été faites journellement. Elles ont permis de construire sous les graphiques ci-dessus décrits, les courbes accumulatives pour chaque période de percolation, chaque courbe étant ramenée à zéro quand l'infiltration devenait nulle ou insignifiante.

OBSERVATIONS

Que se passe-t-il **dans le tirs ?**

En 1944-1945, année sèche (250 mm) caractérisée par l'arrêt des pluies en janvier, on voit que dans **toutes les cases,** la capacité de rétention est atteinte puis dépassée dès la fin décembre (sauf, et en partie dans la case 31, blé sur engrais vert). C'est dans la case 30 en blé sur jachère qu'on observe la plus forte humidité hivernale ; puis aussitôt la fin des pluies, dès février par conséquent cette année là, la dessication commence ; l'humidité baisse rapidement et, dans les cases ensemencées en blé, elle tombe, dès fin mars, et dans toute l'épaisseur de la terre, au-dessous de la capacité de rétention.

Dans la case 25 à colza, où celui-ci a été enfoui le 10 mars, la dessication du fond de la case est moins rapide, et dans la jachère nue travaillée (case 22) elle est encore plus lente puisqu'elle s'y prolonge jusqu'en juillet.

La dessication se poursuit d'ailleurs et l'humidité tombe dès fin avril au-dessous du coefficient de flétrissement dans la case 31 de blé sur engrais vert (pois), tandis que dans la case 30 de blé sur jachère l'humidité des couches profondes reste supérieure à ce taux durant tout l'été.

Par contre, dans les cases en jachère (22 sans engrais vert, et 25 avec enfouissement de colza) seules les couches superficielles sont très desséchées au printemps et en été, tandis que les couches moyennes ou profondes restent humides jusqu'à l'automne.

Il est d'ailleurs facile de voir, à l'entrée des graphiques, qu'il en était de même l'année précédente, car dans les cases 22 et 25 qui avaient porté du blé au cours de la campagne 1943-1944 l'humidité était restée inférieure au coefficient de flétrissement sur toute l'épaisseur de la terre, jusqu'en novembre, tandis que dans les deux autres cases (après jachère avec et sans engrais vert) seule la couche superficielle révèle au 1 er novembre un taux d'humidité inférieur à ce coefficient.

En 1945-1946, année moyennement pluvieuse, marquée cependant par une sécheresse printanière de mars-avril suivie de pluies prolongées d'avril à juin, on observe également que dans **toutes les cases** la capacité de rétention est atteinte dès le début de l'hiver, quoique plus rapidement en profondeur dans les cases emblavées après jachère que dans les cases en jachère après le blé, puis après avoir noté qu'en hiver les couches superficielles sont gorgées d'eau (plus de 30 % d'humidité), surtout dans les cases 30 (jachère) et 31 (colza), on observe en mars la chute de l'humidité au-dessous de la capacité de rétention dans toute l'épaisseur des cases en blé et en colza, ce qui coïncide avec la sécheresse de mars-avril ; mais par la suite, le colza ayant été enfoui au début de mars, les pluies printanières ramènent dans la case à engrais vert l'humidité au niveau de la capacité de rétention. Il n'en va pas de même dans les cases à blé. La case à engrais vert se comporte donc alors comme la jachère, chez laquelle l'humidité reste égale ou supérieure à la capacité de rétention jusqu'en juillet et même, au fond, jusqu'à l'automne, tandis qu'elle tombe au-dessus en juillet dans la case 31 (engrais vert).

Ensuite l'humidité s'abaisse au cours de l'été au-dessous de 20 % dans la case 22 et au-dessous de 15 % (coefficient de flétrissement) dans la case 25 qui viennent de porter du

blé, alors que, sauf en surface, elle se maintient au-dessus de ces taux dans les jachères ayant ou non porté du colza enfoui comme engrais vert.

La comparaison des cases à engrais vert avec celles en jachère nue est intéressante parce qu'elle montre qu'en été 1945 les deux cases 22 et 25 sont restées toutes deux relativement humides (sauf en surface), mais que tout de même en profondeur la case à engrais vert a été moins humide puisqu'à 0 m 65 de profondeur l'humidité est tombée au-dessous de la capacité de rétention au cours du mois d'avril alors qu'elle s'est maintenue supérieure à ce taux dans la jachère et à cette profondeur jusqu'en juillet. De même, en 1946, et bien que dans les deux cases (30 et 31) seules les couches superficielles se soient vraiment desséchées en été, on voit que dans la case à engrais vert l'humidité en profondeur tombe au-dessous de la capacité de rétention à la fin de juin, tandis qu'elle se maintient tout l'été au-dessus de cette valeur dans la case en jachère.

De même, l'examen des cases ayant porté du blé montre que chaque année l'humidité estivale des cases tombe (en avril 1945, en juin-juillet 1946) dans toute l'épaisseur de la terre, au-dessous du coefficient de flétrissement lorsque le blé succède à l'engrais vert (cases 31 et 25), mais qu'elle se maintient durant tout l'été, sur une partie de l'épaisseur de la terre, supérieure à ce coefficient quand le blé succède à la jachère nue travaillée (cases 30 et 22).

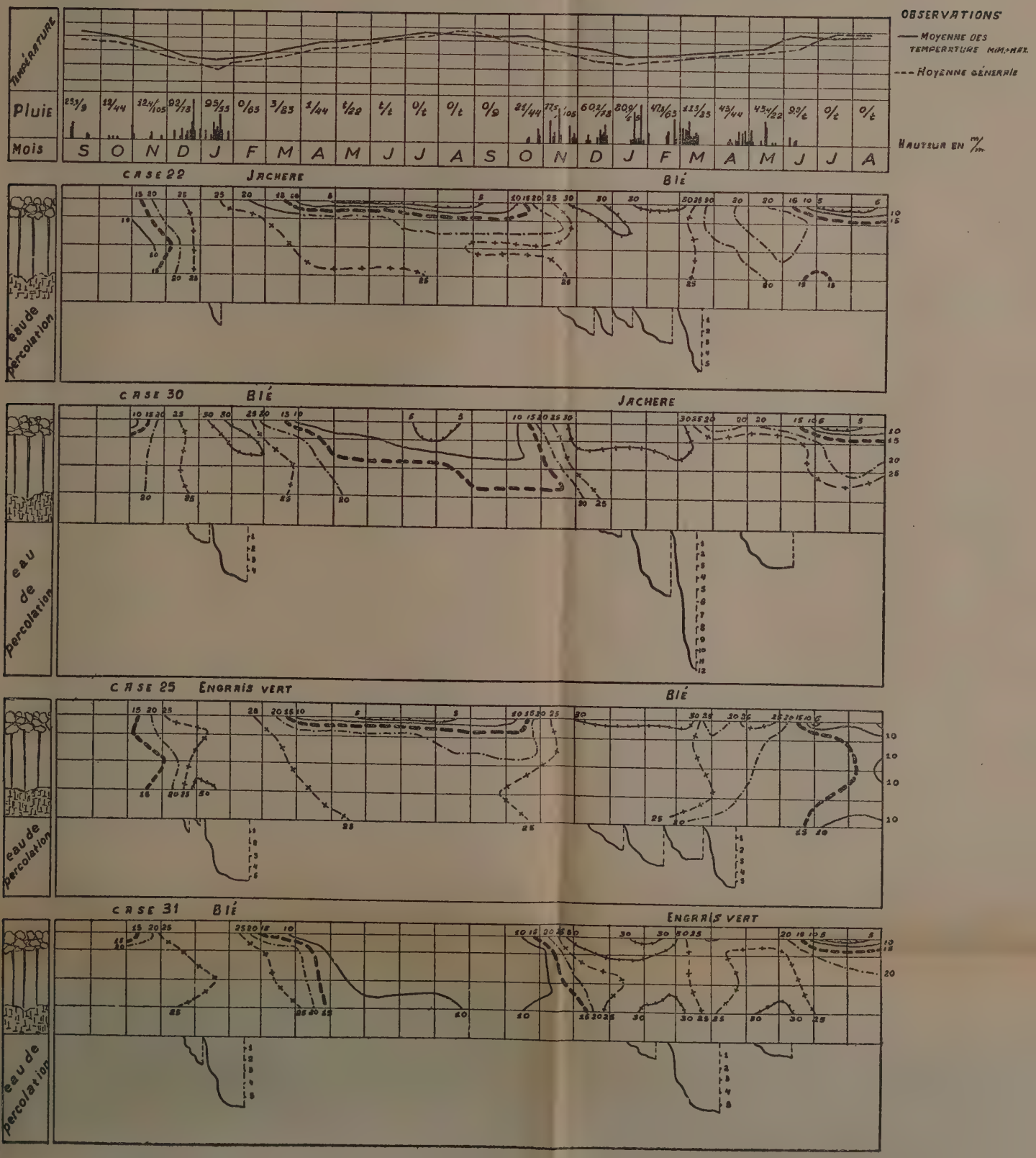
Dans ce cas la dessication des couches superficielles est nettement plus prononcée en 1945 qu'en 1946, ce qui n'est pas étonnant, étant donné la rareté des pluies en 1945, et leur abondance au printemps 1946.

Dans le hamri les observations faites sont analogues. En 1944-1945 la capacité de rétention, avec un mois de retard cependant sur le tirs est assez vite atteinte en hiver dans toutes les cases.

Le desséchement commence dès la fin des pluies, donc fin janvier : l'humidité tombe en février au-dessous de la

HUMIDITE DES CASES

1944-1945 TIRS 1945-1946



capacité de rétention dans les couches superficielles de toutes les cases, et aussi dès la fin de mars dans toute l'épaisseur des cases emblavées, tandis que l'humidité des couches moyennes reste relativement élevée jusqu'à la fin du printemps et même jusqu'en août dans les cases en jachère sans engrais vert ou avec engrais vert (enfoui au début de mars).

Par la suite, la dessication continue ; l'humidité tombe plus ou moins vite au-dessous du coefficient de flétrissement dans toute l'épaisseur des cases emblavées, tandis que dans les cases en jachère, seules les couches superficielles sont bien desséchées. A noter que, contrairement à ce qui se passe le plus généralement dans le tirs, l'humidité du fond est en été dans toutes les cases inférieure à celles des couches moyennes. En 1945-1946, mêmes observations que dans le tirs ; la capacité de rétention est atteinte rapidement mais avec un retard moyen d'un mois sur le tirs et le r'mel. En hiver la terre est gorgée d'eau (surtout dans la jachère et dans les couches supérieures des autres cases, un peu moins cependant dans la case 1 emblavée sur engrais vert). Au printemps, l'humidité tombe en général au-dessous de la capacité de rétention, mais, grâce aux pluies d'avril-mai, elle l'atteint de nouveau dans les cases en jachère nue et dans celles où l'engrais vert a été enfoui au début de mars. Le phénomène de dessèchement puis de réhumidification dans les cases non emblavées se passe comme dans le tirs grâce aux pluies de printemps, mais, semble-t-il, plus brutalement.

Cette réhumidification ne se produit pas dans les cases emblavées. Ensuite l'humidité tombe en juin-juillet dans les deux cases de jachère (avec et sans engrais vert) au-dessous de la capacité de rétention. Elle y reste, sauf dans la couche superficielle, supérieure au coefficient de flétrissement, alors qu'elle tombe dès juin-juillet au-dessous de ce coefficient dans la case n° 34 qui vient de porter du blé. Comme l'année précédente, on observe qu'en été dans le hamri les couches moyennes restent en général les plus humides ; ce fait est particulièrement visible dans la case 1, qui vient de porter du blé sur engrais vert, où le taux d'humidité des couches moyennes reste tout l'été supérieur au coefficient de flétrissement.

La comparaison des cases en engrais vert avec celles e jachère nue ne révèle pas de différences marquées entre le deux systèmes quant à l'humidité estivale des terres.

Dans les cases à blé, l'humidité estivale du sol reste, a moins dans les couches moyennes, un peu plus élevée e 1945 (année sèche, de faibles récoltes) dans la case 33 (bl sur jachère) que dans la case 32 (blé sur engrais vert).

Par contre, en 1946 (année humide et de bonnes réco tes), c'est l'inverse et la terre de la case 34 (blé sur jachère est en été nettement plus sèche que celle de la case 1 (bl sur engrais vert).

Dans le r'mel, en 1944-1945, on constate au seuil d l'hiver et dans toutes les cases que l'humidité atteint rap dement dans la partie sableuse la capacité de rétentio aussi vite que dans le tirs.

La percolation est abondante à cause de la faible capa cité de rétention de la couche sableuse, et de l'humidit de la couche argileuse.

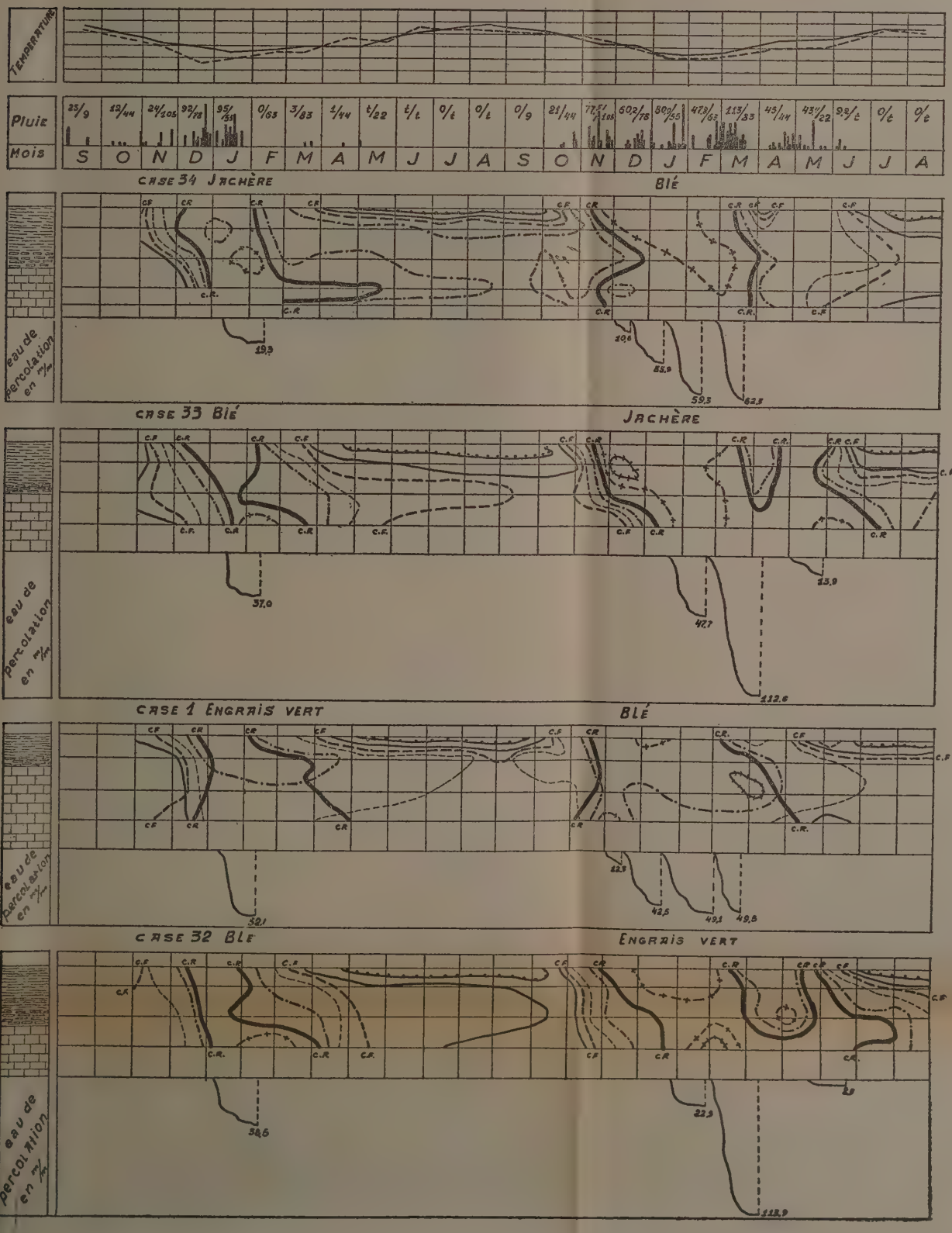
Le desséchement commence un peu après la fin de pluies, mais la percolation se poursuit plus longtemps, ju qu'en mars, sauf dans la case à colza. Celui-ci, bien qu'e foui au début de mars, s'est montré à peu près aussi dessé chant que le blé ; il est vrai que cette année-là, faute d pluie, le blé, dans cette terre légère, séchait sur pied a printemps et ne consommait plus guère.

Par contre, dans la partie sableuse de la jachère, l'hu midité reste relativement importante jusqu'en juin, et, seu le, l'humidité des couches superficielles y tombe au cours d l'été au-dessous du coefficient de flétrissement. Toutefois, ce point de vue, l'efficacité de la jachère est moins impo tante que dans le tirs et le hamri.

Dans la partie profonde argileuse, l'humidité reste, dan toutes les cases et, tout l'été, supérieure au coefficient de fl trissement.

HUMIDITE DES CASES

1944-1945 HAMRI 1945 1946



OBSERVATIONS.

MOYENNE DE L'ANNÉE

MOYENNE GÉNÉRALE (PLURIANNUELLE)

En 1945-1946, la capacité de rétention est également atteinte dans la partie sableuse de toutes les cases dès novembre et, fait curieux, elle est atteinte à peu près en même temps, ou même plus tôt, dans la partie argileuse.

Par la suite, après quelques dessications temporaires de mars-avril surtout marquées dans les cases à blé, l'humidité tombe, mais seulement en juillet, au-dessous de la capacité de rétention et même du coefficient de flétrissement dans la partie sableuse de toutes les cases. Il semble donc que dans cette terre, et quand il pleut jusqu'à la moisson, l'effet de la jachère sur l'humidité estivale du sol n'est pas marqué comme dans le tirs et le hamri. Il apparaît même qu'en profondeur la case en jachère se soit relativement plus desséchée que les cases à blé et que celle à engrais vert. A noter que, dans cette dernière case (n° 14), l'humidité en profondeur, donc dans la partie argileuse, s'est maintenue de l'hiver à l'été 1946, plus forte que dans les cases emblavées, ce qui n'apparaît pas dû à l'action même de la jachère mais à l'obturation accidentelle du tuyau d'écoulement au printemps.

La comparaison des différentes cases montre qu'en 1945 (année sèche), l'engrais vert a provoqué un desséchement de la terre plus marqué que dans la jachère, et qu'en 1946 (année humide au printemps), on observe plutôt le contraire, au moins en profondeur.

Dans les cases à blé, la dessication estivale du sol au moins en profondeur apparaît d'après les graphiques et aussi bien en 1946 qu'en 1945 un peu plus accentuée lorsque le blé vient sur engrais vert que lorsqu'il succède à la jachère nue, mais cette conclusion n'est cependant pas très nette.

En résumé, l'humidité des divers sols, sous le climat de Rabat, augmente à l'automne, passe par un maximum en hiver et diminue au printemps.

Au cours de l'hiver, et même dès le début de l'hiver, c'est-à-dire avant que la végétation ait pu marquer son action, elle est rapidement, et **dans toutes les cases**, aussi bien en jachère qu'en blé, aussi bien après jachère qu'après blé, et quel que soit le sol, égale ou supérieure à la capacité de rétention. Le stock d'eau dans le sol est donc en hiver, et sous notre climat, indépendant de la nature des cultures.

Au printemps, on constate **dans les cases emblavées** une différence entre le tirs et le hamri d'une part, le r'mel d'autre part ; dans les premiers, le taux d'humidité descend, **avant la fin des pluies**, au-dessous de la capacité de rétention (malgré les pluies printanières abondantes de 1946) ; par contre, dans le r'mel (sable sur argile) il reste jusqu'à la fin de la saison pluvieuse égal ou supérieur à cette capacité.

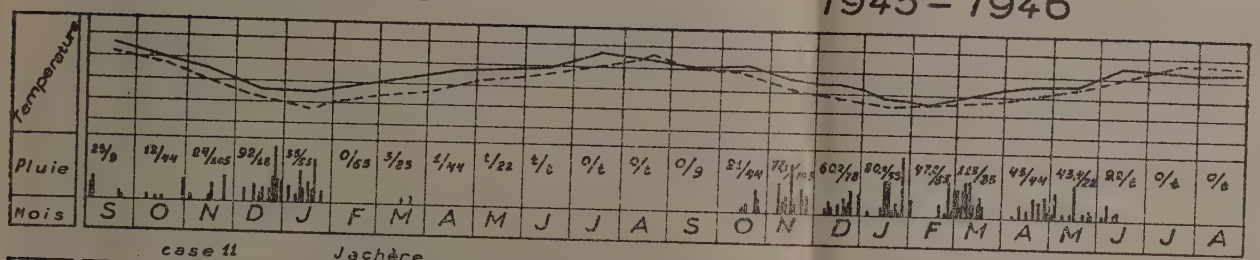
La culture du blé provoque donc l'assèchement relatif des sols, assèchement qui débute dès le printemps dans les tirs et hamri (et qui semble beaucoup moins net dans le r'mel en année pluvieuse), tandis que dans les cases en jachère travaillée, nue ou avec enfouissement d'engrais vert avant la fin de l'hiver, le sol reste humide au cours de l'été (sauf en surface). Ce maintien de l'humidité a été particulièrement bien mis en évidence au cours de l'été 1945, année terriblement sèche depuis janvier même dans le r'mel où cependant l'effet de la jachère est bien moins marqué (ou même non marqué en 1946).

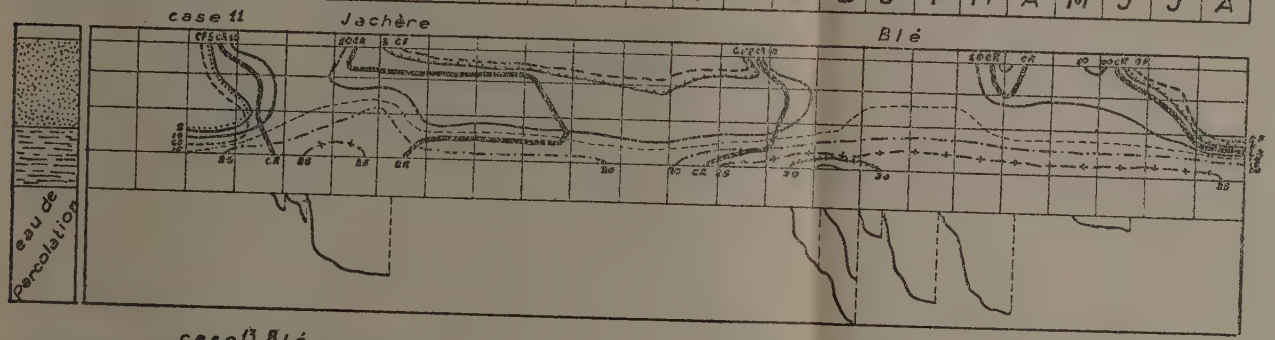
Nos essais confirment donc bien que l'efficacité de la jachère travaillée, peu accusée dans la terre légère qui retient mal l'eau, ne résulte pas en terre plus forte de l'accumulation qui s'avère inutile, sinon illusoire, de deux années de pluies, puisque les pluies d'automne suffisent à saturer d'eau le sol, quelle que soit la sole antérieure, mais de l'hu-

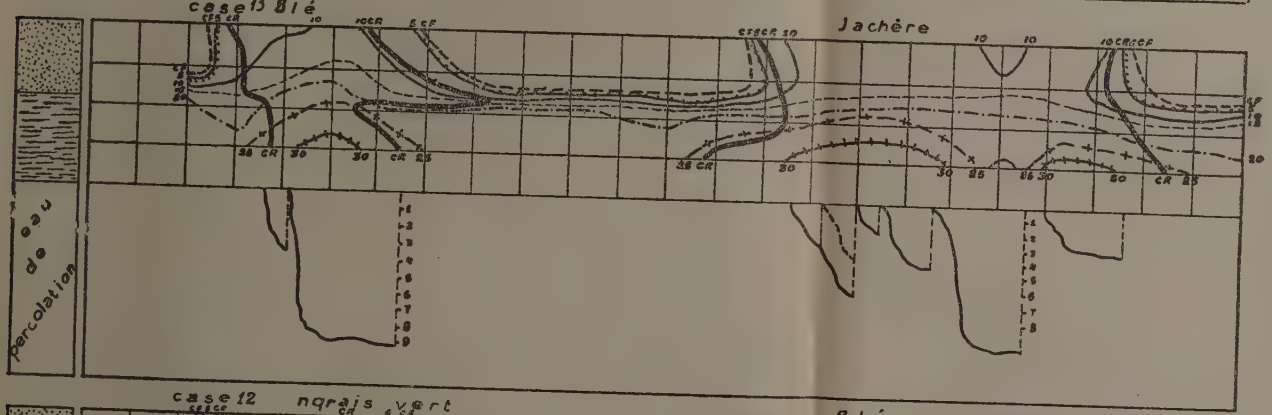
HUMIDITE DES CASES

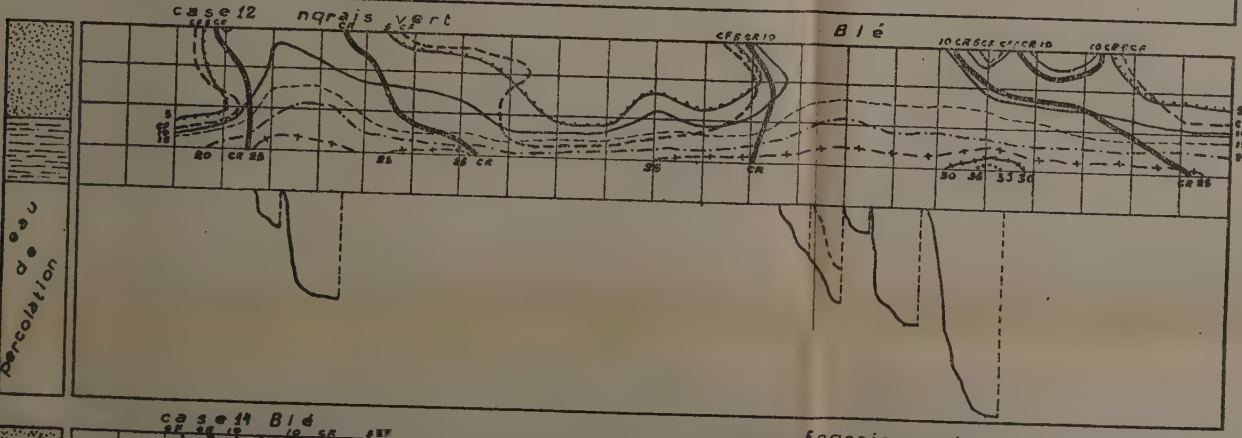
R M E L

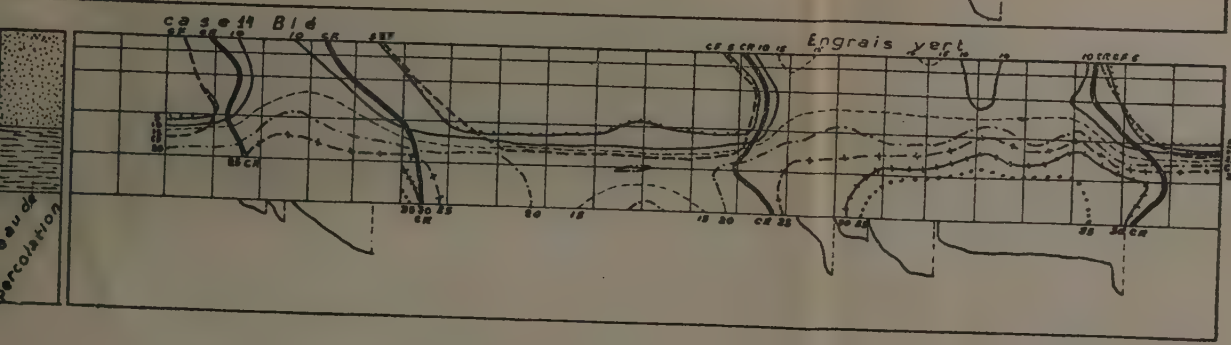
1944-1945 1945-1946











midité estivale maintenue dans le sol. PAPADAKIS, comme BOEUF, a d'ailleurs attribué la véritable efficacité de la jachère travaillée à une meilleure nitrification, favorisée par cette humidité de la terre en été.

Au cours de l'été, le tirs, sol compact et lourd, perd moins d'eau que le hamri, sol structural et aéré et dans le r'mel, les horizons sableux se dessèchent sur presque toute leur épaisseur tandis que les couches profondes argileuses restent humides.

Enfin il semble que les pluies tardives contribuent au desséchement plus profond du sol. Il suffit de comparer à ce sujet les états hydriques des sols en jachère aux mois d'automne 1944 et 1946 avec ceux de l'année sèche 1945. Le sol des jachères, en 1945, était plus humide qu'en 1944 et 1946.

D'autre part, nos essais montrent que la pratique de l'engrais vert a, en général, pour effet de réduire quelque peu l'humidité ultérieure du sol, mais qu'elle ne joue habituellement pas en culture sèche le rôle très desséchant que lui attribuait DE CILLIS, à la condition de ne pas laisser la plante utilisée se comporter comme une culture menée à son terme, car BOEUF a démontré que toutes les cultures sont desséchantes. L'engrais vert ne joue pas un rôle néfaste dans nos essais parce qu'on l'a coupé et enfoui avant la fin de l'hiver, c'est-à-dire avant le début du desséchement printanier qui serait d'ailleurs accentué par sa culture prolongée, avant donc la fin des pluies, afin de ramener à temps la sole à l'état de jachère nue travaillée susceptible de bénéficier des pluies de printemps ; ceci semble être bien mis en lumière par les observations de 1946.

Ce n'est donc pas le stade de végétation, la floraison, qui doit déterminer au Maroc l'époque d'enfouissement, mais la saison, et la prudence du cultivateur à l'égard des sécheresses possibles de printemps. Quant à l'action sur les rendements ultérieurs de blé, elle n'est pas mise en évidence par nos essais. L'extraordinaire sécheresse de 1945 et

quelques accidents matériels ont enlevé de leur valeur à nos chiffres concernant les rendements et d'autre part on ne peut encore généraliser des résultats expérimentaux si peu nombreux qui montrent très peu de différence et sont sujets à caution.

Percolation. — Nous terminerons par quelques considérations sur la percolation (Voir graphiques et tableaux).

D'une façon générale, les périodes de percolation correspondent aux périodes pluvieuses.

La percolation est d'ailleurs étroitement liée à l'état hydrique de la terre. Elle commence en 1945-1946 dans les cases traitées en jachère (avec ou sans engrais vert) au cours de la campagne précédente, plus tôt que dans celles qui avaient porté du blé l'année précédente. En outre elle s'arrête tôt dans les cases emblavées, alors qu'elle se poursuit jusqu'à la fin des pluies dans les cases en jachère. Cette différence est toutefois très atténuée dans le r'mel où, grâce à la couche argileuse profonde et à la faible rétention des couches supérieures sableuses, la percolation se poursuit partout jusqu'en juin.

En outre, il est curieux et intéressant d'observer qu'en année à hiver et printemps secs (1944-1945) et surtout dans les terres fortes (tirs et hamris), la percolation des cases en jachère a été très réduite, beaucoup plus faible que dans les autres cases, alors qu'au contraire, en année pluvieuse, la percolation y a été plus abondante.

Au cours de l'hiver, dans le tirs, à capacité de rétention élevée, il passe en général plus d'eau de percolation que dans le hamri qui s'est davantage desséché au cours de l'été précédent, et la percolation y commence plus tôt. Ces constatations sont à rapprocher des conclusions antérieures de MIEGE qui a signalé que la percolation dépend non seulement des pluies de l'année mais aussi des précipitations de l'année précédente et de l'humidité du sol à la fin de la campagne précédente.

Dans le r'mel, la capacité de rétention des couches sableuses étant faible, on recueille beaucoup d'eau de percolation et la percolation s'y poursuit plus longtemps grâce à la couche inférieure argileuse.

Les observations météorologiques d'une part, et d'autre part la grande humidité de toutes les cases dès le début de l'hiver jusqu'au printemps, les percolations constatées, la filtration d'une partie des précipitations atmosphériques qui traversent la masse de sol de 1 m d'épaisseur, montrent qu'en hiver le climat du Maroc, tout au moins à Rabat, est celui d'un pays tempéré humide où il y a mouvement descendant de l'eau et par conséquent possibilité de lessivage.

CONSIDERATIONS DIVERSES

Pour finir nous signalerons encore un petit détail : l'accroissement de l'humidité du sol à l'automne qui commence à se manifester assez souvent avant les premières pluies. Les graphiques de BOEUF et NOVIKOFF avaient déjà révélé la même constatation d'une façon encore plus accentuée. Il faut à ce sujet ne pas oublier l'humidité très grande de l'air à Rabat, et l'importance des condensations possibles en septembre.

D'autre part le taux d'humidité est assez souvent plus faible au fond et en surface qu'à un niveau intermédiaire. On peut supposer qu'au printemps et au début de l'été, cet état de fait résulte, en partie tout au moins, de l'action concomitante de l'évaporation et de drainage ; mais à la fin de l'été, alors que l'humidité recommence à croître à ce niveau intermédiaire avant qu'il ait plu, l'explication reste, semble-t-il, à trouver et à vérifier.

Bibliographie

BOEUF ET NOVIKOFF. — Cultures en cases de végétation et en cases lysimétriques au Service botanique et agronomique de Tunisie (Ann. du Serv. Bot. de Tunisie 1935-1936).

E. DE CILLIS. — Il sovescio nei climi calco-aridi. (XIII° Congrès international d'Agriculture. Rome mai-juin 1927)

E. MIEGE. — Etude du bilan de l'eau et des éléments fertilisants dans quelques sols types du Maroc (Ann. Agron, n° 3, 1937).

— La percolation des eaux dans quelques sols types du Maroc. (IV^e^ Congrès de la Fédération des Sociétés Savantes de l'Afrique du Nord. Alger, 1938).

J.S. PAPADAKIS. — Ecologie agricole, Gembloux-Paris 1938.

Marcel DUFRESSE

Considérations sur l'aridoculture au Maroc

Considérations sur l'aridoculture au Maroc

Le mot « aride » signifie littéralement desséché, sec stérile. L'adjonction de ce mot à celui de culture paraît donc devoir être l'expression de quelque contre vérité. Cependant cette création en marge du dictionnaire apparaît très imagée et parlante puisque l'aridoculture désigne un art ou une science qui se propose d'introduire les spéculations agricoles dans des régions où les conditions climatériques caractérisées par une humidité parcimonieusement distribuée ou mal répartie rendent les sols impropres à produire des récoltes abondantes et rémunératrices.

En Afrique du Nord, l'aridoculture a pour objet de mettre en plus grande valeur culturale des pays semi-arides sans avoir recours à l'irrigation.

Or, l'aridité d'un lieu donné est principlement dépendante du climat et des sols.

LES FACTEURS CLIMATIQUES DE L'ARIDITE

Le Maroc est caractérisé par l'alternance de deux grandes périodes saisonnières, l'une fraîche et pluvieuse d'Octobre à Mai, l'autre chaude et sèche de Juin à Septembre. La saison fraîche est marquée par l'absence de grands froids, sauf en haute montagne ; les gelées sont rares et de faible intensité (de zéro à moins 5 à 6 degrés suivant les régions). Les pluies débutent en Septembre, elles ne prennent une certaine importance qu'en Novembre et leur volume décroit en Avril pour devenir, à peu près partout, insignifiant en Mai-Juin et pratiqueument nul en Juillet-Août.

Tout autant qu'en agriculture, on sait que le climat joue un rôle très important dans la génèse des sols, ainsi que dans la répartition des espèces végétales.

Les études pédologiques et phytogéographiques sur les climats sont riches d'enseignement ; elles permettent, entre autres choses, de discriminer globalement d'une part les régions arides incultivables et d'autre part les régions semi-arides cultivables.

Pour fixer les idées, la lecture des documents établis permet d'indiquer approximativement que les régions où les colons européens pratiquent l'aridoculture sont caractérisées par une pluviométrie moyenne supérieure à 300 mm et un indice de Lang annuel Fp atteignant 17 tandis que Fp des mois humides avoisine 35 ; d'un autre côté la limite extrême du développement du palmier-nain (chamaerops humilis) et du lentisque (pistacia lentiscus) peut en fixer approximativement les bornes. Ces espèces végétales sont d'ailleurs très plastiques et les démarcations linéaires qu'elles peuvent déterminer pour isoler l'étage aride de l'étage semi-aride ne sont pas très rigides, puisque toute végétation est soumise aux influences conjuguées du climat et du sol.

RELATIONS EXISTANTES ENTRE LES SOLS ET L'ARIDITE

Les propriétés des sols qui peuvent entrer en jeu pour accentuer ou diminuer l'aridité spécifiquement climatique sont, semble-t-il, surtout des facteurs physiques ou quelquefois physio-chimiques parmi lesquels peuvent être spécialement envisagés :

a) La capacité de rétention pour l'eau ;

b) La richesse en éléments fertilisants et le pouvoir fixateur des sols vis-à-vis de ces éléments ;

c) La facilité de pénétration du système radiculaire.

a) La capacité de rétention pour l'eau. — La capacité de rétention des sols est très variable. Il est bien connu que les sables, qu'ils soient siliceux ou calcaires, sont spécifiquement arides car ils se laissent traverser par l'eau et ne retiennent celle-ci que faiblement. L'agriculture proprement dite est généralement absente des régions à sols sablonneux profonds. Le plus souvent les plantations forestières permettent de valoriser ces terres — (Exemple : pins maritimes dans les Landes et, en parallèle, plantations d'eucalyptus et d'acacias à tanin dans la région de Sidi Yahia du Gharb et de Kouba au Maroc).

Il est intéressant de rappeler quelques indications concernant la capacité de rétention des principaux types de sols marocains et de connaître le point de flétrissement. L'écart de ces deux facteurs permet d'estimer la quotité de l'eau contenue dans le sol et utilisable éventuellement pour les plantes à leur profit.

Capacité pour 100 de la terre sèche (d'après G. GRILLOT et G. BRYSSINE)

Catégorie type de sol	Sables	R'mel	Hamri	Tirs
Nature	Sablonneux	Horizon supérieur sableux. Horizon inférieur argileux.	Argilo-calcaire	Argileux non calcaire
Capacité de rétention ..	7 à 8	Horizon supérieur 7 à 8 Horizon inférieur 20	22	25
Point de flétrissement ..	3 à 4	Horizon supérieur 4 Horizon inférieur 10 à 11	12 à 13	14 à 15
Quantité d'eau mobilisable par la plante	3 à 5	Horizon supérieur 3 à 4 Horizon inférieur 9 à 10	9 à 10	10 à 11

Le tableau ci-dessus confirme nos connaissances générales à ce sujet et montre que, pour les principeaux types de sols du Maroc, la capacité de rétention est plus élevée quand la proportion des éléments fins argileux et colloïdaux augmente. La variabilité de la capacité de rétention dans les R'Mel entre l'horizon supérieur et l'horizon inférieur constitue un exemple de la migration de l'argile vers la couche inférieure.

b) La richesse en éléments fertilisants. — Les terres bien pourvues en argile possèdent une capacité de rétention élevées ; par ailleurs, leurs éléments argilolimoneux, à cause de la grande finesse des particules qui les constituent, réalisent de grandes surfaces de contact et sont pourvues d'un fort pourvoir absorbant vis-à-vis des éléments nutritifs avec ou sans réactions chimiques.

Il devient évident que l'accumulation d'eau susceptible d'être réalisée par le sol pendant un moment quelconque de la période pluvieuse pourra, lorsque l'aridité du climat se manifestera, faire obstacle à l'insuffisance des pluies et, complétée par une bonne retenue des éléments nutritifs, permettre l'évolution normale des plantes cultivées ou spontanées.

Il n'en sera plus de même dans les terres sablonneuses légères profondes, retenant faiblement l'eau et les matériaux nutritifs. Leur végétation ne sera que parcimonieusement soutenue et les cultures annuelles qui leur seraient confiées ne seront guère protégées contre une sécheresse persistante qui pourrait survenir à un moment quelconque de leur évolution. La vocation de ces terres sera principalement orientée vers les cultures forestières.

En résumé, les terres qui conviennent à l'aridoculture sont les terres bien pourvues en argile, capables de retenir l'eau ainsi que les éléments nutritifs inclus dans les sols ou apportés par les fumures.

c) La pénétration du système radiculaire dans le sol. — Le cheminement radiculaire en profondeur peut assez facilement être mis en évidence en examinant les profils des sols, ceux-ci étant prélevés sur des parcelles cultivées en céréales.

Dans nos régions, lorsque le prélèvement des profils est fait à la fin de l'été, la terre est souvent d'une dureté semblable à celle de la brique. Cependant les gros agrégats se désagrègent en petits blocs sous l'action des doigts. Si l'on fait déliter ces petits blocs dans l'eau à l'intérieur d'une boîte de PETRI, ceux-ci laissent échapper des portions de radicelles qui surnagent en surface. La proportion de ces débris radiculaires, importante dans la couche supérieure du sol, diminue dans le sous-sol mais on remarque leur présence jusqu'à 1 m. et même 1 m. 40 de profondeur.

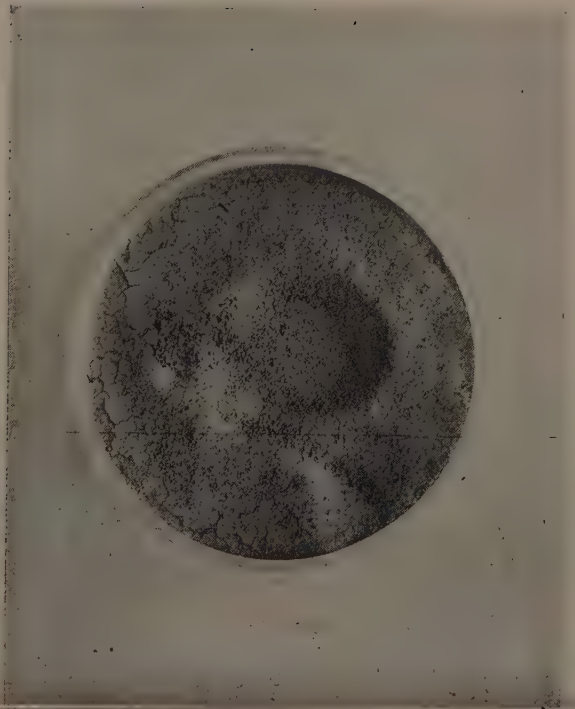
Ceci confirme les observations de BRETIGNIERE à Grignon qui a constaté qu'en limon, les racines de blé sont arrêtées à 1 m. 40 par le calcaire grossier.

Les sols marocains, même les plus argileux et les plus compacts apparaissent en zones d'aridoculture éminemment pénétrables aux racines des plantes annuelles ; ceci est important, car le rendement est lié au développement radiculaire. Comment peut-on expliquer la facilité apparente de pénétration du système radiculaire dans nos sols profonds et argileux ? Il est connu que les granules d'argile qui absorbent l'eau avec accroissement de volume, la cèdent par dessicacation avec diminution de volume. Lorsque certaines argiles riches en silice sont séchées à l'air, elles se contractent, se fendent ; elles gonflent à nouveau lorsqu'elles sont humidifiées.

Les argiles du groupe des Montmorillonites ou des bentonites peuvent gonfler de 5 à 20 fois leur volume.

Il n'est donc pas surprenant que nos meilleures terres agricoles à forte capacité de rétention pour l'eau, riches en éléments argileux se contractent lorsqu'elles abandonnent à l'atmosphère ou au système radiculaire l'eau qu'elles détiennent. En profondeur le cheminement des racines amène l'hu-

ESSAIS DE STRUCTURE



midité du sol à la limite du coefficient de flétrissement. Les propriétés physiques de contraction et de gonflement des terres peuvent être mises en évidence par de très simples essais de structure et par des essais de gonflement effectués sur une certaine quantité du sol à étudier.

Les figures ci-contre relatives à des essais de structure montrent la contraction à la température ordinaire d'un sol sablonneux de Rabat et celle d'un tirs argileux du Rharb.

Des différences frappantes existent entre ces deux terres. Le sol sablonneux se fendille légèrement tandis que le tirs argileux se contracte très largement.

Pour mettre en relief le gonflement, on peut mesurer un certain poids de terre sèche et pulvérisée ; cette terre est ensuite hydratée en la faisant tomber doucement dans une éprouvette graduée contenant de l'eau. On lit, après décantation, le volume final occupé par la terre. Le coefficient de gonflement ou $\frac{\text{Volume terre humide} \times 100}{\text{Volume terre sèche au soleil}}$ peut être établi et donner des aperçus intéressants.

Pour les deux sols qui ont été envisagés les indications suivantes ont été observées :

	Coefficient de gonflement		
	du sol	de l'argile	du limon
Terre de Rabat	121,75	200	120
Terre du Rharb	175	200	134

	Capacité de rétention	Teneur des sols p. 100	
		Argile	Limon
Terre de Rabat	12	18	29
Terre du Rharb	25	49,5	29

Il semble que les appréciations sur la contraction par dessication et sur le gonflement par hydratation permettent de penser que ces propriétés physiques jouent un rôle non négligeable. Elles paraissent susceptibles de faciliter grandement la pénétration du système radiculaire qui s'ouvre un passage en absorbant l'humidité ; ce phénomène étant suivi d'un assèchement local qui provoque la contraction des zones explorées.

Les radicelles cheminent de proche en proche et forment leurs poils absorbants dans un milieu nutritif constitué par des argiles floculées, riches en eau et en principes minéraux utiles. De la sorte en l'absence d'apports pluviométriques, le système radiculaire tend à se développer en profondeur à la recherche des réserves d'humidité. D'ailleurs, le pouvoir de gonflement des argiles peut constituer un grave danger dans les terres qui sont riches en cet élément si, en cours de végétation et consécutivement à une période sèche favorable à l'enracinement profond, surviennent des pluies abondantes et prolongées. Le gonflement de l'argile qui s'opère alors tend à interdire toute circulation gazeuse dans le sol en obstruant les espaces lacunaires ; fort heureusement, ces cas sont plutôt rares et ne se constatent que dans des terres basses, imperméables, mal drainées lorsqu'elles sont sursaturées d'eau.

Recherches sur les besoins des récoltes en eau utile dans les régions d'aridoculture marocaines

Il sera spécialement envisagé dans cette étude :

a) Les besoins en eau des cultures ;

b) Les relations entre les apports pluviométriques et ces besoins en eau.

a) Besoins en eau des cultures. — Il est établi que l'absorption de l'eau par les végétaux est assurée, pour une partie d'ailleurs faible par les organes aériens, mais en réalité, c'est du sol que la plante retire la presque totalité de l'eau qui lui est nécessaire.

On sait d'autre part, que la quantité d'eau qu'un sol peut céder est égale à la différence entre la quantité qu'il contient et celle qui correspond au point de flétrissement pour la plante.

Il est donc utile d'évaluer, autant que possible, la consommation des récoltes en eau afin d'essayer de déterminer comment on peut influer pour assurer ces besoins en fonction des apports de la pluviométrie et de la capacité de rétention des sols.

Certains chercheurs ont étudié la quantité d'eau transpirée par les plantes par kilogramme de matière sèche récoltée. DEMOLON cite les résultats ci-dessous obtenus par SHANTZ et PIEMEISEL à Ahrou (Colorado). A noter que ce pays est situé sous une latitude semblable à celle du Maroc et se trouve lui-même soumis à un climat semi-aride.

QUANTITE D'EAU NECESSAIRE
pour l'élaboration d'un kilogramme de matière sèche
(Les racines sont exclues du calcul)
Période de 1911 à 1917.

	Moyennes
Blé dur	542 ± 14
Blé tendre	557 ± 13
Avoine	583 ± 10
Orge	518 ± 6
Seigle	634 ± 8
Maïs	349 ± 7
Lin	783 ± 14
Betterave sucrière	377 ± 8
Pomme de terre	575 ± 15
Luzerne	844 ± 13
Coton	568 ± 10
Riz	682 ± 17

Cette quantité d'eau utilisée suivant les auteurs est variable d'une année à l'autre ; il apparaît même que les variétés d'une même espèce cultivée marquent des exigences différentes.

Malgré les incertitudes du calcul de la quantité d'eau évaporée, il est intéressant d'évaluer la quantité d'eau nécessaire par hectare cultivé en blé tendre. D'après des résultats de pesées, le poids d'une récolte de blé, au Maroc, varie de 40 à 100 quintaux, soit en moyenne 70 quintaux par hectare. La paille et le grain qui constituent ces récoltes contiennent environ 15 % d'eau ; le poids de matière sèche d'une récolte de blé tendre sera approximativement de

$$70 - \left(\frac{70 \times 15}{100}\right) = 60 \text{ quintaux, } 50 \text{ ou } 6.050 \text{ kilogs.}$$

Donc, la quantité d'eau évaporée par cette récolte serait de 557 × 6.050 = 3.369.850 kilogs à l'hectare, soit par mètre carré 336 litres environ — Ceci représente une tranche pluviométrique de 336 mm. Il semble d'ailleurs que le blé dur, l'orge, l'avoine avec des dates de maturité différentes ont à peu près les mêmes exigences.

DEMOLON mentionne les travaux de RICHARDON et TRUMBLE en Australie qui tendent à fixer les besoins en eau de l'orge au cours de son développement [1]. La transposition sur la base d'une pluviométrie de 336 mm permet de réunir les indications suivantes sur les besoins en eau au cours des différentes périodes de la végétation d'une orge se développant dans le sud marocain, région où la date du semis est approximativement le 15 Novembre et la date de récolte le 30 Avril.

---

(1) Croissance des végétaux cultivés. 3ème édition, page 80.

EAU TRANSPIREE (Richardon et Trumble)		BESOINS TRANSPOSES PAR PERIODES	EVALUATION		A LA FIN de chaque période
			en mm.	pour 100	
19 juillet	7,45	du 15 novembre au 13 décembre	25,032	7,45	7,45
9 août	16,7	13 décembre au 2 janvier	31,08	9,25	16,70
30 août	33,8	2 janvier au 18 février	57.456	17,10	33,8
20 septembre ..	61,5	18 février au 10 mars	93.072	27,70	60,5
11 octobre	81,6	10 mars au 2 avril	67,536	20,10	81,6
9 novembre ..	100,0	2 avril au 30 avril	61,824	18,40	100,0
			336,00	100,00	

La durée du cycle végétatif de l'orge, dans le sud du Maroc est sensiblement semblable à celle indiquée en Australie par RICHARDON et TRUMBLE.

Dans notre sud marocain, le stade d'épiaison débute vers le 18 Février et s'achève vers le 10 Mars. C'est l'époque des besoins maxima de la plante en eau. Ces indications confirment celles émises par PANAVANO pour le blé. Cet auteur estime que pour cette plante la consommation d'eau, après l'épiage, est légèrement inférieure à la moitié de la quantité utilisée pendant le cycle végétatif.

Il convient cependant de ne pas perdre de vue que le coefficient de transpiration dépend de la teneur en eau du sol, qu'il est plus faible en sol fertile, mais qu'il croît sous l'action de facteurs climatiques qui intensifient la transpiration (vents chauds, sirocos, cherguis).

b) **Relation entre les apports pluviométriques et les besoins en eau utile des cultures.**

Les calculs qui précèdent montrent que les besoins de nos principales céréales d'automne tendent intrinséquement vers 336 mm, soit 330 à 350 mm. Il ne semble pas que les conditions de température au Maroc permettent d'adopter une échelle moins élevée pour évaluer les besoins de ces récoltes. Cette évaluation de 330 à 350 mm correspond d'ailleurs aux indications données par la pratique puisque la région d'aridoculture intégrale européenne se situe dans la zone où il tombe 350 à 400 mm ; suivant les terres, cette zone peut s'élargir entre 300 à 500 mm.

L'aridoculture extensive indigène qui se contente de faibles rendements (2 à 6 quintaux d'orge à paille courte) permet, par suite de la réduction du poids de la matière sèche produite par hectare, d'amoindrir les besoins dans les terres à bonne capacité de rétention soumises aux jachères pâtures jusque dans les régions où le régime pluviométrique annuel oscille entre 250 et 300 mm.

Sur les bases de la consommation théorique qui ont été établies pour l'orge en Australie, il convient de comparer les besoins d'eau de la plante au fur et à mesure de son évolution avec le régime pluviométrique dans les régions du Maroc présentant des particularités distinctives, par exemple dans les régions de Marrakech, de Casablanca et de Meknès.

PERIODES	Besoin en eau mm.	PLUVIOMETRIE			EXCEDENT		
		Marrakech	Casablanca	Meknès	Marrakech	Casablanca	Meknès
Octobre à janvier	56,112	93	186	245	+ 39	+ 140	+ 189
2 janvier à 18 février	57,456	25 (janv.)	52	68			
18 février à 10 mars	93.072	34 (fév.)	48	75			
10 mars à 2 avril	67.536	42 (mars)	56	78			
Total du 2 janvier au 2 avril	218,064	101	156	221	— 117	— 62	+ 3
Avril	61,824	25	36	55	— 36	— 25	— 6.8
Total pendant la période de végétation	336,00	219	378	521	— 114	+ 93	+ 185,2
Pluviométrie totale		271	400	600			

Ces chiffres soulignent les difficultés d'obtenir des récoltes en l'absence de l'irrigation sous le climat de Marrakech où le déficit de la pluviométrie par rapport au besoin serait de 114 mm. Dans les cases lysimétriques GRILLOT et BRYSSINE ont trouvé, sous le climat de Rabat, qu'après une culture de céréales l'humidité du sol était la suivante dans une terre dite tirs argileuse, à bonne capacité de rétention de 25 %, (le coefficient de flétrissement étant de 15 % ceci laisse une marge de 10 % d'humidité) :

0	à 5 cm	= 6 %	
de 5	à 35 cm	= 6 à 10	= 8 % en moyenne
de 35	à 60 cm	= 10 à 15	= 12,5 «
60 cm	à 1 m	= 15	

En supposant que les données établies à Rabat demeurent invariables ou ne présentent que des différences négligeables sous les climats de Marrakech, de Casablanca, de Meknès sur des sols de capacité de rétention semblable, il en résulte que pour amener ces terres desséchées par la culture à leur teneur de capacité de rétention jusqu'à 1 mètre il faudra :

de 0 à 5 cm	14 mm, 25
de 5 à 35 cm	76 mm. 50
de 35 à 60 cm	46 mm, 87
de 60 à 100 cm	60 mm
Total	197 mm, 62

Mais les mêmes auteurs ont trouvé qu'en Septembre avant les pluies, à la fin de l'été, un sol de capacité de rétention égale à 25 % et soumis à la jachère, accusait une teneur croissante d'humidité au fur et à mesure de l'augmentation de sa profondeur. Il exigerait ainsi pour être ramené à sa capacité de rétention, un total de précipitations sous-indiqué.

	HUMIDITE	PLUVIOMETRIE NECESSAIRE pour ramener le sol à sa capacité de rétention (en mm.)
0 à 5 cm..	6 %	14,25
5 à 10 cm..	6 à 10	12,75
10 à 15 cm..	10 à 15	9,37
15 à 40 cm..	15 à 25	18,75
40 cm à 1 m..	25	
	au total	55,12

Ces 55 mm, 12 constituent la perte d'eau par dessiccation du sol pendant l'été. Ainsi, les réserves d'eau susceptibles d'être mises à la disposition des récoltes par la jachère, dans le cas où les précipitations d'avant la sécheresse estivale seraient suffisantes pour saturer le sol jusqu'à sa capacité de rétention, comme cela est constaté sous le climat de Rabat, peuvent être évaluées (compte tenu de ce que la densité du mètre cube de terre est en moyenne de 1.500 kgs et de ce que la différence entre la capacité de rétention et le coefficient de flétrissement est de 10 %) à :

150 mm — 55 mm, 12 = 94 mm, 88 soit 95 mm

Les 150 mm mentionnés constituent la quantité d'eau qui serait disponible dans le sol envisagé sur une épaisseur d'un mètre puisqu'elle représente la marge d'humidité comprise entre la capacité de rétention et le coefficient de flétrissement.

D'après ces données **et compte non tenu des pertes consécutives à l'évaporation propre du sol,** les quantités d'eau qui deviendraient disponibles au profit des cultures seraient les suivantes :

Apport des pluies pendant la végétation	Réserve du sol	Disponible	Besoins théoriques	Bilan
Région de :				
Marrakech : 219 m/m	94 m/m	313	336	313—336 = — 23 m/m
Casablanca : 378 m/m	94 m/m	472	336	472—336 = +136 m/m
Meknès : 521 m/m	94 m/m	615	336	615—336 = +279 m/m

Les calculs précités ne correspondent d'ailleurs pas à la réalité, car il n'a pas été tenu compte de l'évaporation propre du sol. Or celle-ci est importante ; d'après CHAPTAL, [1] la portion de précipitations pénétrant dans le sol ou hauteur efficace est obtenue sous le climat de Montpellier en multipliant la pluie totale par le coefficient 0,520. La transposition de ce coefficient en climatologie marocaine réduirait l'apport pluviométrique dans la région de Marrakech de plus de 100 mm en premier lieu au cours de l'année de jachère, et une seconde fois pendant la période de végétation. Il en résulte très nettement que sous le climat de cette région la pratique de la jachère travaillée est en général incapable de contre-balancer la déficience pluviométrique.

La pratique agricole confirme ces indications ; les récoltes de céréales sont assurées dans la région de Marrakech, par deux à trois irrigations de 600 à 1.000 mètres cubes qui apportent 180 à 300 mm qui manquent. A noter qu'une irrigation est donnée généralement avant le premier labour pour permettre de travailler le sol et assurer l'ensemencement.

Sous le climat de Casablanca, il apparaît nécessaire d'améliorer la hauteur d'eau utile par des travaux appropriés afin de diminuer les pertes causées par l'évaporation propre du sol.

Sous le climat de Meknès (plus de 500 mm), les réserves de la jachère sont moins indispensables car la pluviométrie de l'année au cours de l'hiver sature le sol jusqu'à sa capacité de rétention sur une profondeur supérieure à 1 mètre.

Dans les régions où le régime pluviométrique ne laisse pas de fortes marges entre les besoins des cultures et l'eau totale reçue, l'intervention de l'agriculteur devra donc se manifester suivant certaines règles qui constituent les bases de cet art empiriquement établi ou raisonné scientifiquement que constitue l'aridoculture.

(1) Chaptal : « Sur un mode de détermination des périodes de sécheresse et des périodes d'humidité ».

Action de l'agriculteur pour obvier à l'insuffisance des pluies

Afin de mieux comprendre l'effort déployé de nos jours pour augmenter et stabiliser la production agricole malgré une climatologie sévère, il semble judicieux d'essayer de connaître les méthodes employées par les anciennes civilisations qui fleurirent dans le Nord de l'Afrique et durent faire face aux difficultés que les agriculteurs doivent surmonter de nos jours. Certains renseignements sont encastrés dans les œuvres littéraires de MAGON, de VIRGILE, de PLINE, de COLUMELLE ; ils soulignent les avantages du travail du sol en jachère, l'utilité des labours répétés.

Cette aridoculture qui avait son champ d'action sous la climatologie méditerranéenne, pourrait donc être qualifiée de romaine, elle paraît avoir été pratiquée avec l'araire.

L'araire romaine, encore utilisée de nos jours par les fellahs, est un instrument assez bien adapté à un travail utile des terres ; elle a l'avantage de gaufrer le sol sans le retourner et de faciliter la pénétration de l'eau.

La matière organique, provenant des débris de chaumes, du feutrage radiculaire ou des micro-organismes est maintenue en surface, sans être enfouie, et se conserve plus ou moins longtemps suivant la nature du sol, à l'état de débris organiques, ou se transforme en colloïdes humiques qui jouent un rôle important pour floculer l'argile et diminuer le glaçage du sol, phénomène qui gène la pénétration des premières pluies. L'araire peut être considérée comme l'instrument du stade de l'aridoculture extensive.

Il est fort probable que la nécessité de trouver et de stabiliser en Afrique du Nord les approvisionnements de Rome avait déterminé la mise en œuvre d'une aridoculture perfectionnée qui parait avoir subsisté après les premières invasions arabes puisque LAUMONT [1] signale que l'écrivain IBN EL AWAN mentionne le cycle cultural du « qualib » qui se composait de quatre labours rappelant les travaux indiqués par les auteurs romains.

(1) Laumont : « Dry Farming » Américain ou aridoculture Nord-Africaine.

La pratique de ces quatre labours ne peut guère s'expliquer que dans le cas de l'exécution de deux labours croisés préparatoires de printemps et de deux labours également croisés pratiqués en automne vers l'époque de l'ensemencement.

Actuellement, d'ailleurs, dans les régions où la culture du maïs, du sorgho ou du millet sont pratiquées, les fellahs ou du moins les meilleurs agriculteurs, adoptent l'assolement culture de printemps-blé ; ils sèment le maïs, le sorgho, le millet après avoir exécuté un premier labour et recouvrent la semence par une seconde façon à l'araire. D'autre part, à l'automne, un premier travail précède le semis du blé qui est enfoui par un second labour.

La pratique de deux labours au bénéfice de chaque culture est malheureusement peu souvent usitée et les fellahs ne pratiquent guère qu'une seule façon, sèment sur le chaume et recouvrent à l'araire.

L'introduction en Afrique du Nord des labours préparatoires de printemps ou d'une jachère travaillée en culture européenne paraît dériver d'une amélioration de cette pratique des cultures de printemps à faible densité de semis que les fellahs ont maintenue dans leur système cultural actuel.

L'araire arabe, ou mieux les charrues améliorées à versoir pourraient d'ailleurs permettre l'extension des labours croisés de printemps dans les régions où la pluviométrie est comprise entre 350 et 500 mm en culture indigène, et faire renaître l'application de cette règle du qualib chez les fellahs.

Quels sont les avantages de l'aridoculture antique avec quatre labours dont deux sont donnés au printemps ?

1°) Elle contribue à maintenir les réserves en matières organiques du sol:

Antérieurement à la jachère, les matières organiques du sol sont constituées par des débris végétaux provenant des cultures ou végétations précédentes, des micro-organismes du sol et de leurs déchets. Pendant l'année de jachère ce

stock de matières organiques subira les transformations et dégradations qui surviennent sous un climat humide et chaud pendant la saison pluvieuse.

Toutefois, cette réserve sera augmentée des débris de la végétation se développant dès le premier automne pour constituer une végétation spontanée d'hiver et de printemps. Dans le cas où les terrains seraient soumis au parcours, ce qui est habituel, les déjections des troupeaux compenseront en partie, les prélèvements qu'ils feront.

Dans le cas où 2 labours croisés interviennent, les débris restants seront incorporés à la terre. Vers le second automne, après les premières pluies, une nouvelle végétation spontanée se développera. Un nouveau travail à l'araire exercera une action nettoyante et enrichira le sol en éléments organiques comprenant le système radiculaire et aérien. Le semis de la céréale s'effectuera sur un terrain propre appauvri en semences de plantes adventices, et sera recouvert par un nouveau travail de l'araire.

2°) Elle favorise la pénétration des dernières pluies de printemps et des premières pluies d'automne ;

3°) Elle diminue le coefficient d'évaporation du sol et gaufre la couche arable ce qui tend à réduire les possibilités de ruissellement ;

4°) Elle tend à réduire le glaçage qui se produit en surface sur les sols non travaillés. Les débris organiques conservés à la partie supérieure par un travail léger jouent un rôle important pour favoriser la conservation des sols.

Les principes généraux de cette aridoculture antique ont été restaurés, améliorés, par les colons algériens, tunisiens et marocains dans toute l'Afrique du Nord avec l'adoption des préparés de printemps. Cette appellation désigne l'ensemble des façons culturales, comprenant généralement un premier labour moyen exécuté au printemps et entretenu pendant tout l'été et jusqu'aux semailles par des façons complémentaires légères. Le sol se trouve dépourvu de plantes

adventices au moment des semis. Les cultures sont ainsi placées dans les meilleures conditions de végétation et de résistance à la sécheresse.

Les agronomes américains HILGARD, CAMPBELL, WIDSOE, etc..., sous des formes parfois différentes ont découvert l'ensemble des principes qui, sous le nom de DRY FARMING, constituent l'aridoculture adaptée par suite de ses multiples formes aux différents climats du Nouveau Monde.

*
* *

Le tableau figurant au chapitre précèdent relatif à la relation entre les apports pluviométriques et les besoins en eau des cultures, permet de remarquer qu'au Maroc les pluies d'hiver sont généralement surabondantes, car elles dépassent les quantités nécessaires aux plantes, tandis que les pluies de printemps sont progressivement insuffisantes pour couvrir les besoins des cultures.

L'aridoculture moderne devra donc tenir compte essentiellement de cet état de fait et agir en conséquence sur les facteurs plantes et sols.

Améliorations des plantes. — Par la recherche et le choix d'espèces et de variétés plus précoces et mieux adaptées aux facteurs écologiques. En principe il faut s'attacher à ce que les plus grands besoins d'eau des plantes se rapprochent des moments où la pluviométrie est encore abondante ou n'est pas totalement absente.

Des résultats importants ont été obtenus au Maroc, des progrès sont encore envisagés et les travaux continuent à ce sujet.

Action sur le sol. — Il semble que l'agriculteur peut intervenir tout d'abord dans le choix des terres d'aridoculture et en second lieu dans leur travail.

Choix des terres. — Les observations faites par MUNTZ et GIRARD, BRETIGNIERE, DEMOLON, ont souligné que le développement normal du système radiculaire des plantes cultivées est favorisé dans les sols profonds. Le choix d'un sol profond sera encore plus important sous nos climats que dans la Métropole puisque les pluies de printemps y sont généralement insuffisantes pour assurer au jour le jour le développement des cultures.

Pour pallier à cet inconvénient, les plantes développent leur système radiculaire en profondeur afin de profiter des réserves d'eau du sous-sol, puisqu'on sait que la montée capillaire ne se réalise plus dans les terres perméables, qui après les pluies, ont une teneur d'humidité légèrement en dessous de leur capacité de rétention. D'ailleurs, WIDTSOE signale de son côté que le manque de profondeur du sol constitue une cause d'échec du DRY FARMING.

Les sols devront être pourvus également d'une forte capacité de rétention. En effet GRILLOT et BRYSSINE précisent que la jachère travaillée ne présente qu'un faible intérêt dans les terres légères profondes qui retiennent mal l'eau de pluie qui est en excédent, sous le climat de Rabat, pendant l'hiver, c'est-à-dire au début du cycle végétatif.

Enfin, les sols et sous-sols devront être bien constitués et contenir une quantité suffisante d'éléments fins et argileux qui conditionnent d'une part la capacité de rétention vis-à-vis de l'eau, et d'autre part, l'absorption des matières fertilisantes.

***

TRAVAIL DU SOL ET METHODES CULTURALES

La nécessité du travail du sol est reconnue dans toutes les régions où l'aridoculture est pratiquée ; certaines variations sont observées dans les méthodes culturales. Celles-ci paraissent généralement adaptées aux conditions climatériques ou agricoles des pays où elles sont en usage.

Les avantages du travail du sol sont multiples et complexes. YANKOVITCH en Tunisie, RICHARDON en Australie expliquent l'action utile de la jachère travaillée, par la grande quantité de nitrate qu'elle laisse au sol.

De son côté PAPADAKIS souligne la nécessité, dans les pays à étés secs, de semer les céréales d'automne sur une terre conservée humide l'été antérieur, en éliminant toute végétation par une jachère travaillée. D'autre part, on sait également que la fertilité du sol dépend de la matière organique, et il faut veiller à maintenir les recettes du sol en éléments organiques, tandis que les dépenses augmentent par suite du travail des terres.

Par ailleurs, il semblerait que la jachère travaillée qui est pratiquée dans certains domaines d'Algérie, de Tunisie ou du Maroc depuis plusieurs dizaines d'années, loin de ruiner les terres, les conserve généralement en bon état de fertilité, ceci très vraisemblablement grâce aux modifications favorables que leur travail apporte dans la siructure des sols en place.

Les agronomes semblent d'accord dans beaucoup de pays pour estimer à la suite de nombreuses expériences, que le sous-solage, et le travail profond des terres ne présentent pas d'utilité. Cependant VALDEYRON en Tunisie donne des indications qui ne permettent pas de généraliser cette opinion sans contrôle aux conditions culturales de l'Afrique du Nord.

Il est évident que, dans un sol habituellement labouré à une profondeur moyenne, les labours profonds avec retournement sont susceptibles de remettre à jour des éléments argileux à forte capacité de gonflement, opération qui pourrait avoir pour conséquence de diminuer la perméabilité et d'augmenter les pertes d'eau par évaporation ce qui permet de répéter que, dans les sols de consistance moyenne, il faut intervenir modérément et progressivement sur la profondeur des labours avec retournement.

Cependant, le sous-solage sans retournement ne bénéficie pas d'une plus grande faveur, bien qu'il conserve en surface les débris organiques.

Il semble qu'une expérimentation rigoureuse soit indispensable pour connaître si les labours profonds et les sous-solages peuvent exercer une action favorable sur la fertilité et la structure des terres cultivées sous le climat du Maroc.

MODALITES DU TRAVAIL DU SOL

Le travail du sol, sous un climat déterminé, doit concourir à son aération, au maintien des réserves de matières organiques, à la réalisation d'une bonne nitrification, à l'absorption de l'humidité et des matières fertilisantes, à la lutte contre les parasites les plus agressifs vis-à-vis des cultures.

L'attention des agriculteurs de l'Afrique du Nord a été attirée sur les méthodes appliquées par les agronomes américains et employées dans les régions à faible pluviométrie à la fois pour lutter contre les érosions éoliennes et de ruissellement et pour obtenir des récoltes satisfaisantes. Des missions, tunisiennes, algériennes et marocaines nous ont rapporté des renseignements très intéressants et très instructifs spécialement sur les travaux qui constituent le subtillage des agronomes américains. Le subtillage d'après J. DUMONT [1] se propose d'ouvrir le sol pour favoriser l'entrée de l'eau et de l'air et la destruction des mauvaises herbes ; il a tendance à utiliser des appareils qui ont pour objet de fendre ou d'ouvrir le sol, ou de travailler à demi profondeur pour couper les racines et disjoindre le sol en surface, en évitant de le retourner, et en laissant les chaumes presque en place, les pailles demeurant dressées et adhérentes au sol.

L'exemple le plus typique d'application de cette méthode existe dans le Montana chez le Général CAMPBELL.

---

(1) J. DUMONT : « L'équipement des fermes aux U. S. A. Quelques enseignements à en tirer », *La Tunisie Agricole*, n° 1 - Janvier 1949.

D'après les renseignements relatés par M. ALLEMAND [1], la climatologie du Montana apporterait 300 à 325 mm de pluie ainsi répartie, que nous pouvons comparer à la pluviométrie de la région de Casablanca ; nous aurons ainsi :

	Montana	Casablanca
Sept.-octobre-novembre .	73	Sept. oct. nov. Total : 10 + 37 + 73 = 120
Décembre-janvier-février.	35	Déc. janv. fév. 72 + 52 + 48 = 172
Mars-avril-mai	104	Mars, avril, mai 56 + 36 + 20 = 112
Juin-juillet-août	114	Juin, juillet, août 6 + 0 + 0 = 6
	326	410

Le cycle végétatif des céréales est plus long dans la Montana à cause d'un hiver froid et rigoureux. Les semailles commencent en Septembre ; la récolte a lieu en Juillet. Dans la région de Casablanca les semailles ont lieu à partir de Novembre et la récolte a lieu dès fin Avril.

De plus, le climat du Montana de même que celui d'une grande partie des U.S.A. se **signale par un été humide** tandis que le Maroc et l'Afrique du Nord sont en général placés sous l'influence d'un climat **a été sec.**

Le Montana est donc doté des caractéristiques climatériques suivantes : automne faiblement pluvieux, hiver sec et froid avec neige et fortes gelées, tandis que le printemps et l'été bénéficient d'une pluviométrie assez abondante.

Dans ces conditions, la végétation d'automne est peu abondante, et demeure soumise pendant l'hiver à un arrêt complet. La couverture végétale ne se développe et joue un rôle protecteur qu'au printemps et en été sous l'action conjugée de la chaleur et de l'humidité.

(1) *ALLEMAND. — La culture des céréales dans l'ouest des U. S. A. La Tunisie agricole, n° 10 - décembre 1948.*

Les sols qui profitent de la jachère travaillée ont ainsi tendance à se couvrir d'une végétation spontanée abondante dont la croissance est favorisée dès le printemps par les pluies. Il est nécessaire de lutter périodiquement au cours du printemps et de l'été pour détruire la couverture végétale adventice. Le travail des terres exécuté pendant la période humide est facile, il ne nécessite qu'une traction plutôt faible : l'utilisation d'appareils coupant les plantes entre la racine et le collet est rendue possible par la faible résistance offerte par une terre maniable.

Les semailles des céréales sont exécutées à la base de sillons profonds destinés à recueillir l'eau apportée par une rare pluviométrie d'automne et d'hiver ; la densité du semis est faible car le tallage est abondant ; de plus, les froids de l'hiver empêchent la prolifération des insectes du genre cécidomyie qui causent tant de ravages aux céréales en Afrique du Nord. Le cycle végétatif des céréales est d'environ trois mois plus long qu'au Maroc.

Il semble qu'il y ait lieu de féliciter les agronomes américains d'avoir vulgarisé le travail du sol sans retournement qui maintient les chaumes en place, puisque sous leur climat humide au printemps et pendant l'été, les façons avec retournement favorisaient la destruction de la matière organique qui joue un rôle si important dans la lutte contre l'érosion ainsi que pour conserver la fertilité et la structure des sols.

***

Nous avons vu que le Maroc se classe dans la catégorie des climats à étés secs, ce qui lui confère des caractéristiques particulières qui réagissent sur les méthodes culturales qui peuvent y être adoptées.

L'automne marocain avec ses pluies progressivement abondantes, permet à la couverture végétale de se développer, et de jouer un rôle protecteur contre l'érosion ; les hivers sont doux et le développement des plantes ne subit pas d'arrêt, il n'est que ralenti pendant les journées froides.

A priori, il ne semble pas qu'il soit indispensable de semer les céréales d'automne au fond d'un sillon ; la pluviométrie d'automne et d'hiver étant abondante, il y aurait lieu de craindre que l'excès d'humidité dans des terres fortes provoque des dégâts par suite de l'asphyxie des jeunes levées. Une expérimentation pourrait d'ailleurs permettre d'étudier si cette méthode de semis au fond des billons est susceptible d'être adoptée au Maroc sans inconvénient. Par ailleurs, après la levée des céréales, la végétation se poursuit sans arrêt végétatif complet en hiver, sauf dans les régions montagneuses ; le cycle végétatif est court, le tallage est généralement terminé au printemps ; ce tallage n'est pas très abondant et la densité du semis, de ce fait, doit être plus importante que dans le Montana.

*
* *

Conduite de la jachère ou des travaux préparatoires en cas d'alternance des cultures.

Après l'enlèvement des récoltes de céréales, les sols qui ne reçoivent peu ou pas de pluies d'été sont fortement durcis et dessèchés. Les façons culturales sont ainsi rendues pénibles ou parfois impossibles dans certaines terres, car elles demanderaient une traction trop considérable.

Par ailleurs, les travaux à effectuer devront tenir compte de la nécessité de lutter contre un parasite qui cause aux cultures de céréales du Maroc des dégâts très importants : il s'agit de la cécidomyie.

En premier lieu, il convient d'éliminer des procédés de lutte, celui de l'incinération des chaumes qui a l'inconvénient de réduire trop fortement la recette du sol en matière organique ce qui aurait une influence défavorable sur sa fertilité.

Cependant, parmi les moyens de lutte, il est important de ne pas négliger le travail du sol dont l'influence a été mise en relief au Maroc à la suite des travaux de JOUR-

DAN. C'est ainsi que l'enfouissement des chaumes qui a pour objet de déterminer la mort des cécidomyies adultes en les emprisonnant dans la terre pulvérulente au moment de leur éclosion, est généralement obtenu par des labours avec retournement de profondeur moyenne qui gagneront à être effectués soit après la récolte si le travail est possible, soit à l'automne dès que les terres seront maniables.

Cette manière de travailler est celle qui caractérise la jachère nue intégrale qui maintient le sol exempt de toute végétation. Elle peut également convenir à la préparation des terrains consacrés, après céréales, aux légumineuses, aux oléagineux ou aux plantes fourragères.

Toutefois, certains agriculteurs abandonnent les chaumes à la pâture, et laissent à l'automne se développer la végétation naturelle sur les jachères. L'égrenage a toujours abandonné des semences de la céréale antérieure ; celle-ci tient dans la flore spontanée une place importante qui sert de lieu de ponte à la cecidomyie et joue le rôle de plante piège. Dans ce cas, il faut enfouir cette végétation tôt à la fin de l'hiver. A ce titre il est particulièrement recommandable de suivre les indications données par GRILLOT et BRYSSINE au sujet de l'enfouissement des engrais verts et reproduites ci-dessous.

« Enfouir avant la fin de l'hiver, c'est-à-dire avant le dé-
« but du dessèchement printanier qui serait d'ailleurs accen-
« tué par sa culture prolongée, avant donc la fin des pluies,
« afin de ramener à temps la sole à l'état de jachère tra-
« vaillée susceptible de bénéficier des pluies de prin-
« temps ».

La végétation spontanée, tout comme l'engrais vert, est susceptible d'apporter au sol une recette non négligeable de matière organique et contribue à la formation d'humus et d'acide humique, qui, même en petite quantité, peuvent jouer un rôle important pour maintenir stable la structure des sols cultivés.

Il ne semble pas que l'enfouissement de la matière organique qui peut être réalisé avec les charrues polydisques ou polysocs, soit susceptible d'entraîner sous notre climat la destruction complète de cette matière organique.

Tout autre travail du sol après ce labour, ne devra être effectué que pour détruire la végétation qui pourrait se développer par la suite, ou pour enfouir les engrais avant les semailles.

Toutefois, à l'automne, dès les premières pluies, une deuxième végétation spontanée se développe. Il est alors indispensable de nettoyer le sol, afin de permettre aux semoirs de travailler dans de bonnes conditions et d'assurer aux semences un contact intime avec la terre ce qui rendra les germinations régulières et favorisera un premier développement rapide.

En ce qui concerne l'assolement, la jachère intégrale-blé est manifestement à sa place au-dessous de l'isohyète 400 mm. Elle permet de supprimer les pertes d'humidité occasionnées par les végétations spontanées, de réduire l'évaporation provenant du sol; elle favorise l'humification de la terre jusqu'au dessous d'un mètre de profondeur. A partir de 400 mm et au-dessus, il apparaît qu'il soit possible d'utiliser plus intensément les possibilités de production en exécutant des jachères mixtes travaillées et cultivées comprenant des cultures de légumineuses, de plantes oléagineuses, de plantes fourragères. Les cultures sarclées gagneront à être faites à grands écartements afin de conserver le sol en parfait état de propreté par le travail des interlignes.

Dans les régions où le régime pluviométrique avoisine 600 mm, l'espacement des lignes pourrait d'ailleurs être réduit de telle manière que la densité des plantes en culture sarclée soit envisagée pour réaliser la production maximum, ceci sous les écartements minima nécessaires pour assurer facilement les binages et sarclages indispensables.

L'aridoculture, malgré tous les avantages qu'elle présente, ne permet pas d'obvier à toutes les déficiences pluviométriques. C'est ainsi que l'insuffisance de pluies de

printemps n'est contre-balancée que dans la mesure où la capacité de rétention des sols peut offrir un volant d'humidité qui agira au profit des cultures jusqu'au moment où le coefficient de flétrissement sera atteint. Fort heureusement, ceci est suffisant pour permettre à l'agriculture d'obtenir des rendements moyens satisfaisants pour payer ses travaux et rendre prospères des zones semi-arides.

. Néanmoins, les progrès à réaliser pour améliorer les méthodes actuellement pratiquées posent des problèmes particulièrement ardus sous nos climats où les conditions d'évolution des cultures sont beaucoup plus défavorables que celles rencontrées dans les régions où le « DRY FARMING » du Nouveau Monde s'est implanté.

Marcel DUFRESSE

Bibliographie

ALLEMAND. — La culture des céréales dans l'Ouest des U.S.A. — La Tunisie agricole n° 10. Décembre 1948.

BOEUF et KOVIKOFF. — Culture en case de végétation et en cases lysimétriques. Annales du Service botanique de Tunis 1935-1936.

CHAPTAL. — Annales sciences agronomiques n° 4 - 1930.

DEBRACH J. — Pluie, Orage, Grêle et Neige au Maroc. La terre marocaine n° 209 - Avril 1947.

DERIBERE Maurice. — La Bentonite. Les argiles colloïdales et leurs emplois - DUNOD - Paris 1941.

DEMOLON. — La dynamique du sol - DUNOD - Paris 1946 — Croissance des Végétaux cultivés - DUNOD - Paris 1946.

DUMOND J. — De l'équipement des fermes aux U.S.A. - Quelques enseignements à en tirer - La Tunisie agricole n° 1 - Janvier 1949.

EMBERGER. — Aperçu général sur la végétation du Maroc — Mémoire de la Société des Sciences Naturelles du Maroc 1938.

GARNIER. — Note sur la culture des céréales dans le Montana (Etats-Unis).

GRILLOT et BRYSSINE. — Contribution à l'étude de l'humidité des sols au Maroc - C.R. du Congrès de Pédologie (Montpellier-Alger) Mai 1947.

JOURDAN. — Etudes sur la cécidomyie — Bulletin Société des Sciences Naturelles du Maroc, 1937, § XVII, pages 154 - 162 — 1938, § XVIII, pages 161 - 169.

PAPADAKIS. — Ecologie agricole — Librairie agricole de la Maison Rustique - Paris 1938.

VALDEYRON. — Apport possible de l'Amérique à la technique tunisienne — La Tunisie agricole n° 1, Janvier 1949.

YANKOWITCH. — L'assolement, le travail du sol et la fumure dans leurs rapports avec la culture des céréales.

LAUMONT. - "Dry Farming" - américain ou aridoculture - Nord. Afrique

Georges GRILLOT et Jean ILTIS

Etude de climatologie comparée

(Possibilités culturales du Cotonnier)

Etude de climatologie comparée

(Possibilités culturales du Cotonnier)

La majeure partie de la production cotonnière mondiale se fait dans des contrées situées dans la partie Sud de la zone tempérée septentrionale. Dans ces pays, on trouve à la fois des températures estivales similaires (moyennes de 25 à 32° C en juillet) et une faible pluviométrie en octobre, conditions essentielles à la croissance, puis à la récolte, car de fortes pluies à l'automne entravent la cueillette et abîment le coton. Ce sont les Etats-Unis qui arrivent en tête pour la production avec 50,1 % de la récolte mondiale en 1938, qui fut de 8.481.825 tonnes de fibres. Le coton occupe aux Etats-Unis plus du tiers de la superficie des terres cultivées dans le « Cotton Belt », terres noires du Texas et fonds riverains du Mississipi.

Viennent ensuite les Indes Britanniques : 11,9 %, de la production mondiale, l'U.R.S.S. : 9,8 %, la Chine 8,2 %, le Brésil : 6,1 %, l'Egypte : 5,8 %.

Ces six pays font 91,9 % de la production mondiale ; les 8,1 % qui restent proviennent de l'Argentine, du Pérou, du Mexique, de l'Ouganda, du Soudan anglo-égyptien, de nos Colonies africaines, etc...

Au Maroc, si le coton introduit et cultivé depuis le septième ou huitième siècle n'occupe pas actuellement une place importante dans l'Agriculture (environ un millier d'hectares en 1947) par suite de la concurrence de cultures vivrières d'un rapport économique plus élevé ; il n'en reste pas moins vrai que les recherches entreprises, souvent avec des moyens modestes, ont abouti à des résultats qui sont loin d'être négligeables ; malgré sa situation, à la limite septentrionale de l'aire culturale du cotonnier, il ne semble pas impossible que le Maroc puisse devenir dans un avenir plus ou moins proche un pays producteur de coton comme le sont devenues certaines régions d'Asie Centrale situées encore plus au Nord.

C'est à partir de 1928 que l'UR.S.S. a considérablement augmenté sa production cotonnière ; cet effort s'est poursuivi pendant la guerre de sorte que ce pays a acquis son indépendance au point de vue coton vis-à-vis des pays gros producteurs tels que les U.S.A. et l'Inde, et vient en troisième place derrière eux pour la production mondiale.

Les régions de ce pays où l'on pratique la culture du coton sont :

1°) **EN EUROPE :**

— Le Sud-Ouest de la Crimée ;

— La péninsule de Kertch ;

— Les abords de la mer d'Azov ;

— Les districts de Krasnodar et de Grosny ;

— La région du delta de la Volga avec Astrakan ;

— Les collines du Nord du Caucase ;

qui constituent la République de Transcaucasie avec la Station Expérimentale de Derbent près de Bakou, située au Nord de la latitude 40°. (Le Maroc est compris entre 28° et 36°).

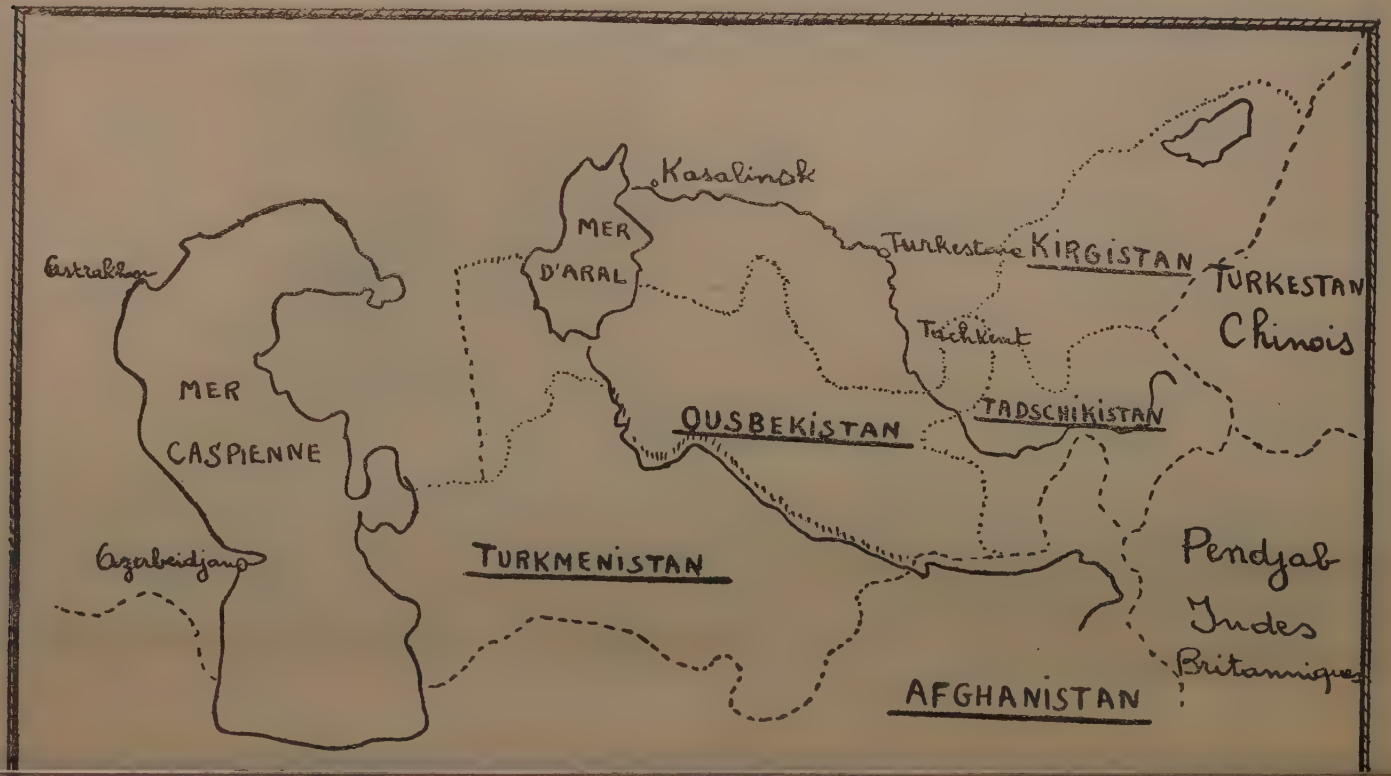

Kasalinsk
MER
D'ARAL
Turkestan
KIRGISTAN
TURKESTAN
Chinois
Tachkent
Astrakhan
MER
CASPIENNE
OUSBEKISTAN
TADSCHIKISTAN
Azerbeidjan
TURKMENISTAN
Pendjab
Indes
Britanniques
AFGHANISTAN

TABLEAU I

Températures et précipitations moyennes mensuelles

Régions cotonnières de Russie d'Europe

REGIONS	SITUATION	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	MOYENNE de la période de végétation (Avril à Oct.)	MOYENNE annuelle
SEBASTOPOL (Crimée)	Lat. 44° 37 Long. 33° 31 Alt. 23 m.	2,0 31	2,7 30	5,7 28	9,9 24	15,5 16	20,1 27	23,3 21	22,3 20	18,3 24	13,8 34	7,9 37	4,9 29	17,7 170	12,3 322
SIMFEROPOL (Crimée)	Lat. 44° 57 Long. 34° 03 Alt. 223 m.	— 1,3 31	— 0,3 33	3,9 28	8,3 22	14,3 25	19,7 21	21,6 55	20,7 24	15,7 33	11,1 31	4,8 33	1,6 33	15,9 264	10,0 423
KERTCH (Péninsulède)	Lat. 45° 21 Long. 36° 29 Alt. 4 m.	— 1,3 21	— 0,3 22	3,4 22	8,3 32	17,3 24	19,9 53	23,4 50	22,9 33	17,9 26	12,6 24	6,2 31	2,1 23	17,2 242	10,9 389
EISK	Lat. 46° 40 Long. 38° 16 Alt. 21 m.	— 4,6	— 2,7	1,8	9,1	18,6	23,7	24,0	23,3	16,7	10,5	3,3	— 1,6	17,3	9,8
KRASNODAR	Lat. 45° 02 Long. 38° 56 Alt. 14 m.	— 2,1 47	— 0,1 54	5,0 45	10,6 47	16,7 54	20,4 66	23,7 64	22,9 41	17,6 35	12,2 47	5,3 70	1,1 68	17,7 351	11,1 600
MAIKOP (N. W. Caucase)	Lat. 44° 36 Long. 40° 05 Alt. 230 m.	— 2,0 40	— 0,2 42	5,4 43	10,0 53	15,8 67	19,3 82	22,2 61	21,3 43	16,9 51	12,1 59	5,4 69	1,4 63	16,9 385	10,7 648
ASTRAKHAN (Volga)	Lat. 46° 21 Long. 48° 02 Alt. — 14 m.	— 7,1 12	— 5,1 12	0,4 9	8,8 16	17,3 15	22,6 19	25,2 12	23,2 10	17,0 16	9,7 10	2,2 16	— 3 15	17,7 88	9,2 162
KHERSON (Ukraine)	Lat. 46° 38 Long. 32° 88 Alt. 16 m.	— 2,6	— 3,2	2,6	9,7	16,5	20,5	23,1	21,9	16,9	10,4	4,7	— 0,5	17,1	10

Caractères du climat

ETAT-UNIS D'AMERIQUE (A)

N°	POSTES	P	T	P/T	[illegible]	TYPES DES SOLS
1	Des Moines ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	Topeka ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	San Francisco ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	Eureka ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5	Olympia	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	Red Bluff ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	South Bend ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	Boston ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9	Harrisburg ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10	Rosenburg ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11	Barnes Garde ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12	Ouranvo ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
13	Richmond ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
14	Nashville ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
15	Springfield ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16	Columbia ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
17	Montgomery	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18	Shreveport ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
19	Ocali ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
20	Savannah ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
21	Schriever ([illegible])	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
22	Miami (Floride)	1.500	23,4	64	25 100	»
23	Sacramento (Californie)	505	15,3	33	7.700	[illegible]
24	Allibene (Texas)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
25	North Platte (Neb.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
26	Hayes (Ka.)	500	4,0	120	2.000	»
27	Bismark (Dak N.)	390	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
28	Santa-Fe (N. M.)	360	[illegible]	38	[illegible]	Sols bruns [illegible]
29	Walla-Walla (Wash.)	450	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
30	Denver (Colorado)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
31	Havre (Mont.)	350	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
32	Goodland (Kansas)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
33	Laramie (Wyoming)	200	4,5	[illegible]	[illegible]	»
34	Winnemusca (New)	210	9,1	[illegible]	[illegible]	[illegible]
35	Salt Lake City (Utah)	430	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
36	Fresno (Californie)	240	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
37	Medienne Nat. (Alb.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
38	San Diego (Cal)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
39	Augusta (Maine)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
40	*					
41	Corpus Christi (Texas)	690	21,5	32	[illegible]	[illegible]
42	Eagle pass (Texas)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»
43	Midland (Texas)	340	9,6	38	[illegible]	»
44	Yuma (Arizona)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
45	Phœnix (Arizona)	[illegible]	20,0	10	6 [illegible]	»
46	Flagstaff Arizona	560	[illegible]	64	[illegible]	»

* Poste supprimé.

2°) **EN ASIE :**

— Les Républiques du Turkestan ;

— Le Tourkmenistan ;

— Le Tadjikistan ;

— Le Kirghizistan ;

— Le Kazakhstan ;

qui ont remplacé l'ancien gouvernement général du Turkestan et les royaumes de Khiva et de Boukhara (Boukhara est sur la latitude 40°). La richesse de cette vaste région autrefois désertique doit sa source aux fleuves Syr Daria et Amou Daria qui finissent dans la mer d'Aral. Les Russes étendent de plus en plus les canaux d'irrigation pour faire du Turkestan leur grenier à coton.

CLIMATOLOGIE

I. — En Europe

Région au climat continental ; les hivers y sont très rigoureux : la mer d'Azov et les bords de la mer Noire gèlent chaque année pendant deux ou trois mois tandis que les étés, réduits à trois mois sont très chauds. Le tableau I donne un aperçu de la physionomie climatique de cette région et le tableau II ses répercussions sur la culture du coton.

C'est en Transcaucasie qu'on trouve les plus grandes étendues de cotonniers. Cette région se compose : à l'Ouest, d'une plaine fertile, la Géorgie arrosée par les vents d'Ouest très humides, réputée pour sa fertilité. Les Géorgiens y cultivent l'oranger, la vigne, le blé, et grâce à la grosse chaleur de l'été : le coton, le thé, la canne à sucre. Tiflis, la capitale est devenue depuis peu un gros centre de cotonnades.

L'Azerbeidjan, à l'Est, région desséchée, comprend des cultures de coton irrigué. Les moyennes mensuelles de températures des mois d'été sont groupées dans le tableau III.

II. — Au Turkestan

Cette région fait partie des déserts de l'Asie Moyenne rendus productifs par l'irrigation.

TABLEAU IV

Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations au Turkestan

(en m/m)

MOYENNES MENSUELLES	BOUKHARA	TERMEZ
Janvier	21.9	17.6
Février	23.1	15.2
Mars	22.2	28.9
Avril	23.6	18.5
Mai	7.6	11.6
Juin	0.6	0.3
Juillet	0.1	0.3
Août	0.0	0.0
Septembre	0.0	0.1
Octobre	3.4	4.9
Novembre	11.2	8.4
Décembre	21.3	14.4
Moyenne annuelle	135.0	120.2

TABLEAU V

Moyennes et minima annuels de précipitations au Tuskestan

Localités	Moyen. annuelle	Minima annuels
Merv	146 m/m	46 m/m
Tedjan	139 «	84 «
Tourkestane	176 «	75 «
Termez	113 «	51 «
Boukhara	134 «	90 «

La sécheresse dure 4 à 6 mois, elle est accompagnée par une très haute température tandis qu'en hiver, les moyennes descendent largement au-dessous de 0°.

Voici quelques exemples de maxima à l'ombre en Juillet :

TERMEZ +47°5 BOUKHARA +44°

MERV +45°1 TACHKENT +44°2

Moyennes Juillet-Août :

TERMEZ +32°

BOUKHARA +30°2

MERV +27°6

Minima absolus et moyens de Janvier :

MERV — 21°9, — 4°5

BOUKHARA — 22°5, 3°7

A Iliiskii, près de la frontière du Turkestan Chinois, les températures et pluviométries moyennes mensuelles sont les suivantes :

Mois	Température	Pluviométrie
Janvier	— 8.6	16
Février	— 8.2	11
Mars	1.1	18
Avril	12.3	26
Mai	19.5	36
Juin	23.4	27
Juillet	26.0	24
Août	24.9	12
Septembre	18.3	10
Octobre	9.1	25
Novembre	0.3	14
Décembre	— 6.3	15
Moyenne annuelle	**9.3**	**233 m/m**

La température du sol est particulièrement importante pour les plantes ; à Tachkent, centre cotonnier, à 13 h., la différence entre la température du sol et celle de l'air, au mois de Juillet, peut être de 28°5, tandis que la température moyenne de la surface du sol, durant ce mois, atteint 62°4, chiffre tombant pour 21 h. à 23°5.

DUREE DE L'INSOLATION A TACHKENT

Pour apprécier la durée relative de l'insolation, on prend les moyennes mensuelles des heures ensoleillées chaque jour (A) et pour chaque mois la quantité maximum d'insolation théoriquement possible du lever du soleil à son coucher avec un ciel toujours libre de nuages (B). Le rapport A/B en % donne la durée relative de l'insolation.

TABLEAU VI

Températures moyennes mensuelles — pluies moyennes mensuelles

Relevées d'après les résumés climatologiques mensuels du B.O., du 1er Janvier 1930 au 31 Décembre 1939

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
RABAT													
Température maximum	17 0	17.6	19.2	20 5	23.1	24.9	27 5	28 4	27.0	25.0	20 4	18 2	22.4
Température minimum	7.0	7.8	9.1	10 2	12.5	15.3	17 0	17.7	16.3	14.4	10.8	8.6	12.15
Température moyenne	12.0	12.7	14 15	15 35	17.8	20.1	22 2	23 05	21.6	19.7	15 6	15.5	17.4
Pluies	55	63	83	44	22	T	T	T	9	47	105	78	506
KASBA-TADLA													
Température maximum	19.4	19.5	22 2	25.1	29.6	34.4	40 2	40 6	34.9	29.5	21.7	19.5	28 05
Température minimum	3 5	4 5	6 9	8.6	11.9	16.1	19 8	20 1	17.2	13.4	8.4	5 2	11.3
Température moyenne	11.45	12.0	14.55	17.35	20.75	25.25	30 0	30.35	26.05	21.45	15.05	12 35	19.7
Pluies	30	46	60	55	17	18	0	0	14	46	64	35	305
TAROUDANT													
Température maximum	21.8	23.1	24.9	27 0	28.8	30.7	34.2	35.5	32 8	29.8	25.3	21.9	26.9
Température minimum	5 1	5.4	7.5	9 4	10.6	12.7	14.4	16.0	14 2	12.0	8 4	5.3	10.0
Température moyenne	13.4	14 2	16.2	18 2	19.7	21.7	24.3	25.7	23 5	20 9	16.8	13.6	18.4
Pluies	16	34	39	11	1	0	0	0	4	34	23	32	194
SOUK-EL-ARBA-DU-RHARB													
Température maximum	18 1	19.2	21.1	23.3	26.0	29.3	34.6	34.9	32.0	28.0	22.0	18.3	25.0
Température minimum	3.8	4.6	6.8	8.4	9 8	12.5	14	15.3	13.4	10.8	7.1	5.4	9.3
Température moyenne	10.9	11.9	13.9	15.8	17 9	20.9	24.3	25.1	22.7	19 4	14.5	11.8	17.1
Pluies	61	49	82	68	35	15	0	1	14	60	92.	110	586

MOIS	Total annuel (A)	Total mensuel (A)	Moyenne journalière	Maximum mensuel théorique (B)	A/B %
Mai	2.886,6	299,3	9.6	426	70
Juin		359,0	12	432	83
Juillet		392,2	12.7	440	89
Août		355,7	11.5	403	88
			Total annuel théorique	4.096	

En face de ces données le Maroc se présente comme suit : (tableau VI).

La comparaison des différents tableaux montre que les températures moyennes mensuelles sont supérieures au Maroc, sauf à Rabat, aux températures moyennes mensuelles du Nord du Caucase et même de l'Azerbeidjan. Les moyennes de Juillet et Août au Turkestan sont sensiblement égales à celle des Beni Amir (Tadla).

Cette supériorité des moyennes mensuelles des Beni-Amir ou du Rharb se manifeste encore davantage en Avril-Mai, mois des semis, et en Septembre-Octobre ce qui permet d'avoir au Maroc un cycle végétatif plus long.

La pluviométrie n'entre guère en ligne de compte : en Russie comme au Maroc, à quelques exceptions près, la culture du cotonnier se fait avec irrigations. Elle importe principalement par l'abondance des pluies au moment de la récolte ; si les pluies moyennes mensuelles sont supérieures au Maroc en Septembre-Octobre-Novembre à celles du Nord du Caucase ou du Turkestan (les renseignements manquent pour la Géorgie et l'Azerbeidjan), par contre la récolte marocaine n'est pas détériorée comme en Russie par des gelées précoces.

C'est de 1922 que datent les premiers efforts de l'U.R.S.S. pour restaurer et développer la culture cotonnière. L'U.R.S.S. a pu faire passer paraît-il l'étendue des terres cultivées au Turkestan, de 2.460.000 hectares à 4.400.000 hectares dont 1.244.000 réservés à la culture du coton. Cette seule région produirait 80 % du coton de l'Union Soviétique. Dans les zones irriguées, la superficie des plantations de coton fut portée en 1937 à 1.616.000 hectares. Le coton fut introduit aussi dans les régions non irriguées du Caucase septentrional, de la Crimée et de l'Ukraine (où les pluies durant la période de végétation du coton sont bien supérieures à celles qu'on observe au Maroc durant cette même période) où il occupe une superficie de 500.000 hectares de sorte qu'en 1938 la superficie des plantations de coton atteignait plus de 2.000.000 d'hectares.

Parallèlement à l'extension des surfaces cultivées, les rendements progressaient très rapidement. Alors que la Russie produisait 312.000 tonnes de fibres en 1915, la révolution de 1917 réduisit la production du Turkestan au point de couvrir seulement les besoins de la population indigène. De 1924 à 1932 la production fut (en milliers de tonnes de fibres) :

1924	89,5
1926	168,6
1928	253,4
1930	312
1932	384,9

En 1937, elle atteignait 819.000 tonnes.

En 1913, on ne recueillait par hectare que 11 quintaux de coton brut en moyenne ; en 1937, 14 qx, 5 à l'ha. et en 1941, 17 qx. En 1938, la récolte atteignait 4,4 qx/ha en zones non irriguées contre 0,5 en 1933 (Le rapport mentionne des rendements de 43 qx/ha en Ouzbekistan).

La culture se fait avec des assolements différents suivant les régions ; une place importante est réservée à la luzerne. Les semailles ont lieu du 10 au 15 Avril pour les espèces égyptiennes, du 20 au 30 Avril pour les espèces américaines. Elles se font au tracteur avec des semoirs à quatre rangées à 70 cm entre les rangées. La taille a été employée sur une grande échelle à partir de 1936 sur l'initiative de LYSSENKO.

L'irrigation est commencée à partir de la quatrième-sixième feuille ; avant la floraison les espèces américaines sont arrosées une à deux fois, deux à trois fois les espèces égyptiennes. Au cours de la floraison et de la fructification on donne quatre à cinq arrosages et au cours de la maturation un à deux.

Les deux-trois premiers arrosages demandent 600 à 700 m^3 ; au cours de la floraison et de la fructification on les augmente jusqu'à 800 et 1.000 m^3/ha ; au cours de la maturation 600 à 700 m^3/ha.

Les variétés cultivées appartiennent soit au groupe Hirsutum (espèces américaines) soit au groupe Barbadense (espèces égyptiennes). Les espèces locales de l'Asie Centrale (groupe hermaceum) ont été éliminées en partie.

En résumé, les possibilités culturales du cotonnier au Maroc paraissent incontestables, quand on compare les données climatiques du pays avec celles des régions précitées. Les températures moyennes mensuelles y sont égales à celles du Turkestan et supérieures à celles des régions cotonnières du Caucase.

En outre, l'exécution en cours, du programme d'équipement hydraulique, ainsi que les connaissances qui découleront de l'expérimentation agricole bien conduite, pourront, le cas échéant, permettre, toutes proportions gardées, d'aboutir à des résultats comparables à ceux qu'ont obtenus les chercheurs et les agriculteurs de l'U.R.S.S., en ce qui concerne l'augmentation des superficies et des rendements, mais il ne s'agit pas pour autant et pour l'instant, de substituer en culture irriguée au Maroc des cotons courtes soies au Prima 67 — variété dont la longueur et la qualité des soies sont très appréciées des industriels qui l'utilisent.

Georges GRILLOT et Jean ILTIS

Bibliographie

P. CAMENA D'ALMEIDA. — Etats de la Baltique, RUSSIE (Géographie Universelle publiée sous la Direction de P. VIDAL DE LA BLACHE et L. GALLOIS).

A. CHEVALIER & P. SENAY. — Le Coton — « Que Sais-je ? » — Presses Universitaires de France.

CAMILLE FIDEL. — La production des matières premières et le développement de la culture du coton en Asie Centrale Soviétique.

Revue Internationale des Produits Coloniaux et du Matériel colonial (Août-Septembre 1947).

D.N. KACHKAROVE - E.P. KOROVINE. — La vie dans les déserts — Edition Française par Th. MONOD (Payot-Paris).

MAX RABAULT. — Nécessité d'une intervention des pouvoirs publics pour développer la culture du coton. — Revue Internationale des Produits Coloniaux et du Matériel Colonial (Avril 1947).

A. SIEGFRIED. — Le Coton dans le Monde.
Conférence prononcée le 19 Février 1944 à l'U.C.E.F.
Le Climat des Centres d'introduction récents de la culture du cotonnier.

Bulletin of applied botany and plant breeding, 1931 XXVI - pages 179-266. LENINGRAD.

Projet d'organisation d'une Section de Bioclimatologie agricole au Centre de Recherches Agronomiques du Maroc

Par A. VERNET

Ingénieur agronome, licencié ès-Sciences

Ière PARTIE

GENERALITES

1° Définition de la bioclimatologie agricole

2° Nécessité des études de bioclimatologie agricole dans le Monde et au Maroc ; buts à atteindre

3° Les méthodes de travail en bioclimatologie agricole

IIème PARTIE

PROJET D'ORGANISATION D'UNE SECTION DE BIOCLIMATOLOGIE AGRICOLE AU MAROC

1° Plan de travail

2° Moyens en personnel et en matériel nécessaires

1ère PARTIE

GENERALITES

1° Définition de la bioclimatologie agricole

La couche de terrain dans l'épaisseur de laquelle se développe le système radiculaire des végétaux, le sol, n'est pas étudiée en géologie parce que trop fortement modifiée par son contact avec l'atmosphère. De même, les couches basses de l'atmosphère dans lesquelles se développe le système aérien des végétaux ne sont pas étudiées en météorologie parce que trop profondément modifiées par leur contact avec le sol. L'ensemble sol, couches inférieures de l'atmosphère constitue donc un milieu spécial où il n'y a pas à proprement parler de discontinuité. Le caractère essentiel de ce milieu étant de permettre la vie, DEMOLON lui a donné le nom de « **biosphère** ».

La bioclimatologie est l'étude du milieu physique constitué par la biosphère et plus particulièrement l'étude des modifications qu'il subit dans le temps et dans l'espace ainsi que des conséquences qui en résultent au point de vue biologique ; d'une façon plus concise nous dirons : c'est à la bioclimatologie que revient l'étude du climat de la biosphère, de son action sur le sol et sur les êtres vivants.

La bioclimatologie ayant un domaine immense, on l'a divisée en plusieurs disciplines qui diffèrent par les buts recherchés et les méthodes de travail employées, les deux principales étant la bioclimatologie médicale et la bioclimatologie agricole.

En définitive la bioclimatologie agricole a donc pour rôle d'étudier le climat de la biosphère du point de vue agronomique et de mettre en évidence ses rapports avec la chimie et la biologie du sol ainsi qu'avec la vie des plantes cultivées et de leurs parasites.

2° Nécessité des études de bioclimatologie agricole dans le monde

Buts à atteindre au Maroc

Les conditions climatiques n'étant pas les mêmes au Maroc que dans la Métropole, la dynamique du sol y est par suite différente ; les cultures, les éléments fertilisants n'y jouent pas le même rôle, les plantes susceptibles d'y prospérer n'y sont pas les mêmes. Aucune pratique agricole consacrée dans la Métropole par un empirisme de plusieurs siècles n'est applicable au Maroc sans tenir compte des conditions climatiques. Mais, pour tenir compte de celles-ci, il est nécessaire de connaître quels sont les facteurs climatiques dont dépend la production agricole, de savoir les mesurer, de rechercher quelles sont leurs actions réciproques et comment ils varient dans le temps et dans l'espace, enfin, et surtout, de connaître la réaction des êtres vivants à leur action conjuguée.

DANS LE MONDE

Les recherches sur ces sujets sont entreprises dans la plupart des pays mais plus particulièrement dans ceux possédant de vastes territoires comme les Etats-Unis et la Russie car ces recherches, pour aboutir rapidement, doivent être menées parallèlement sous des climats différents. Il est donc souhaitable que le Maroc et d'une façon générale tout l'Empire Français y participe en liaison avec la métropole. La Tunisie et l'Indochine se sont d'ailleurs déjà engagées dans cette voie.

Il paraît inutile de souligner l'intérêt pratique des résultats obtenus ou à obtenir dans ce domaine. Nous citerons, à titre d'exemple, ceux ayant trait à l'étude du climat de la biosphère de HOUDAILLE et de CHAPTAL à Montpellier, de CARTON en Indochine ; ceux ayant plus particulièrement trait à la dynamique du sol de DEMOLON et BASTISSE à Versailles, de BOEUF et YANKOVITCH à Tunis, à l'écologie des plantes cultivées de MARIE DAVY, de BROUNOFF, d'AZZI, de BOEUF sur les périodes critiques, de GARNER et ALLARS sur le photopériodisme, de LYSSENKO sur la vernalisation, de GESLIN sur l'action combinée de la lumière et de la chaleur, etc... Mentionnons également les résultats obtenus sur l'écologie des ennemis de cultures comme ceux de RAVAZ relatifs au mildiou de la vigne.

Au Maroc. — Si toutes les recherches de bioclimatologie agricole ont un intérêt pratique, dans chaque pays cependant il en est qui répondent à des besoins plus particulièrement urgents ; au Maroc spécialement, certaines études ont déjà retenu l'attention des chercheurs, ce sont par exemple :

a) Les études de climatologie et d'agriculture comparée dont le but est de permettre l'acclimatement rapide de méthodes de culture et de variétés ayant fait leurs preuves sous des climats similaires ;

b) Les recherches permettant par une étude comparée des conditions climatiques de différentes années et des résultats obtenus sur les champs d'expérimentation d'expliquer les écarts qui se produisent d'année en année entre les rendements des différentes cultures et plus spécialement des différentes variétés étudiées, recherches devant aboutir à la détermination des variétés les mieux adaptées aux climats régionaux ;

c) Certaines recherches particulières ayant un but limité mais un intérêt pratique immédiat telles que celles relatives aux méthodes de culture les mieux

adaptées, à la conservation des sols, aux besoins en eau dans les périmètres irrigables, à l'intérêt des climats de montagne pour la production de semence, etc...

Buts à atteindre. — L'organisation d'une section de bioclimatologie agricole au Centre de Recherches Agronomiques a donc pour but final de permettre d'entreprendre, en liaison avec les autres stations françaises, toutes recherches paraissant avoir un intérêt pratique.

Mais, toute organisation ne pouvant être que progressive, le but immédiat à atteindre est de donner aux recherches de bioclimatologie agricole déjà amorcées l'ampleur désirable, et de mettre à la disposition du Centre les moyens en personnel et en matériel nécessaires pour mener ces recherches d'une façon rationnelle.

3° Les méthodes de travail en bioclimatologie agricole

Schématiquement on peut diviser ces méthodes en deux classes :

A. Méthode d'observation ;

B. Méthode expérimentale.

A l'inverse de ce qui s'est passé pour l'étude des éléments fertilisants où l'expérience en pots a précédé l'expérience en plein champ, en bioclimatologie agricole la méthode expérimentale a été jusqu'à présent moins employée que la méthode d'observation. Ce fait est dû aux difficultés rencontrées jusqu'à ces dernières années pour créer artificiellement des conditions climatiques déterminées. Actuellement, grâce aux progrès de la technique moderne de « climatisation », on peut parfois placer les êtres vivants à étudier, les plantes cultivées ou leurs parasites, dans des conditions climatiques données ; il est donc possible d'employer concurremment les deux méthodes de travail.

A. Méthode d'observation

Cette méthode consiste à suivre le développement des plantes ou de leurs parasites tout en enregistrant les conditions climatiques qui ont régné au cours des cultures. Elle se décompose en méthode statistique, méthode des semis échelonnés, méthode des essais géographiques, etc... On en déduit ensuite des corrélations entre données climatiques et développement des végétaux. Ces corrélations sont, bien entendu, d'autant plus étroites que les observations ont été plus précises ; très lâches lorsque la seule donnée biologique est le rendement et que les seules données physiques sont celles recueillies en climatologie générale, elles deviennent beaucoup plus intéressantes lorsque l'on suit de près et pour ainsi dire journellement le développement des végétaux en même temps que l'on recueille d'une façon aussi complète que possible les données sur le climat de la biosphère. Il s'agit donc là d'une expérimentation rigoureusement conduite en donnant au mot expérimentation le sens qu'il a en agriculture. Cette méthode peut donc être employée dès à présent au Maroc étant donnée l'organisation existante. Malheureusement, les résultats obtenus par cette méthode ne sont pas toujours généralisables, ainsi des corrélations telles que les suivantes : sous le climat de Paris les pluies d'hiver sont néfastes au rendement du blé, ou, dans la région grande productrice de maïs des Etats-Unis, c'est la pluie tombant dans les dix jours suivant la floraison de cette plante qui a le plus grand effet sur le rendement, sont très intéressantes pour les régions où elles ont été obtenues, mais ne sont pas à priori valables pour d'autres régions.

B. Méthode expérimentale

Cette méthode consiste à faire varier artificiellement un ou plusieurs facteurs climatiques, les autres restant les mêmes ; on peut aussi créer des conditions climatiques spéciales. Contrairement à la méthode précédente elle conduit à des relations de cause à effet qui dans certains cas peuvent être valables sous tous les climats.

Le climat peut être modifié simplement par l'emploi de méthodes de culture ou d'assolements différents, par irrigation, par l'emploi d'écrans, de lumière artificielle, de châssis, de sources de chaleur et de froid ou, d'une façon plus perfectionnée, par l'emploi de locaux « climatisés ».

La valeur des résultats varie suivant la précision apportée depuis la détermination pour une région donnée des méthodes de culture les mieux adaptées, ou des besoins en eau des plantes cultivées par exemple, jusqu'aux grandes découvertes d'une valeur universelle telles que celles sur le photo et le thermopériodisme. Cette méthode ne pourra bien entendu être utilisée au Maroc que lorsque l'organisation matérielle projetée aura reçu un début d'exécution.

2ème PARTIE

Projet d'organisation d'une Section de Bioclimatologie agricole au Maroc

1° PLAN DE TRAVAIL

Nous avons envisagé dans la 1ère partie les buts à atteindre et les méthodes de travail à employer, il reste donc à voir comment une section de bioclimatologie agricole peut s'intégrer d'une façon progressive au Service des Recherches Agronomiques du Maroc. Le plan de travail qui va être proposé est donc un plan progressif permettant au départ, en s'appuyant sur les organismes existants, de faire face aux nécessités les plus urgentes pour aboutir finalement à une organisation rationnelle.

Nous avons vu qu'il est indispensable d'entreprendre en premier lieu au Maroc d'une part des études de climatologie et d'agriculture comparée, d'autre part le contrôle des conditions bioclimatologiques sur les champs d'expérimentation eux-mêmes. Pour faire face à ces besoins il est donc nécessaire de rassembler une documentation suffisante, de créer un réseau de postes d'observation sur les terrains d'expériences et d'organiser enfin au Centre de Recherches Agronomiques un service capable d'assurer le contrôle des postes, de rassembler et d'étudier les documents. Par la suite, cette ébauche de service ayant à sa disposition une solide documentation et un réseau de postes bien répartis, n'aura besoin que d'une organisation complémentaire pour pouvoir prendre en main toutes les recherches de bioclimatologie agricole qui paraîtraient nécessaires. Nous allons à présent étudier plus en détail ce plan d'organisation.

A. Etudes de climatologie et d'agriculture comparée

Grâce au travail considérable réalisé par le Service de Physique du Globe et de Météorologie ainsi que par le Service Botanique de l'Institut Scientifique Chérifien, le climat du Maroc est depuis peu connu dans ses grandes lignes, ces données doivent servir de base à une étude de climatologie et d'agriculture comparée. Nous avons vu en effet qu'en premier lieu doivent être essayées au Maroc les variétés et les méthodes de culture ayant fait leurs preuves dans les régions à climat similaire.

Il est donc nécessaire :

a) d'étudier les climats régnants sur les différentes régions du globe en recherchant en quoi ils diffèrent et surtout en quoi ils se rapprochent des climats marocains ;

b) de rechercher quelles sont les techniques, les plantes et les variétés qui donnent satisfaction sous les climats s'apparentant aux climats marocains ;

c) de grouper les renseignements d'ordre physique, écologique, pédologique et même économique permettant d'établir sur des bases scientifiques les comparaisons qui auront été retenues. Toute recherche dans ce domaine a une utilité immédiate mais elle nécessite de plus le rassemblement d'une documentation importante qui pourra servir de base à des recherches ultérieures.

B. Contrôle des conditions climatiques sur les champs d'essais régionaux

Grâce aux travaux déjà anciens du Centre de Recherches Agronomiques, les études de génétique sont en plein essor au Maroc ; il est indispensable que la comparaison des variétés obtenues se fasse dans des conditions rigoureuses, toute expérience n'ayant de valeur scientifique et n'étant par suite généralisable que si les conditions dans lesquelles elle est conduite sont connues. Il est donc indispensable d'organiser le plus rapidement possible le contrôle des conditions bioclimatiques sur les champs d'expériences même.

Ce contrôle doit porter sur certains facteurs étudiés en climatologie générale, tels que : température et humidité de l'air, pluviosité, direction et vitesse du vent, mais aussi sur d'autres facteurs ayant une influence biologique marquée tels que l'insolation (durée et intensité), l'évaporation, les sources secondaires d'humidité dont la rosée, la température et l'humidité à différents niveaux de la biosphère et en particulier dans le sol, la dynamique de l'eau dans le sol.

Tous les champs d'essai ne pourront recevoir évidemment un appareillage suffisant pour effectuer l'ensemble de tous ces relevés mais pour certains d'entre eux, judicieusement choisis et servant de station de référence, l'appareillage devra être aussi complet que possible. Une collaboration étroite doit être, bien entendu, réalisée avec les Services Météorologiques de façon à éviter tout double emploi.

Il serait inutile d'étudier le milieu d'une façon aussi poussée si en contrepartie on n'étudiait pas les réactions des plantes aux conditions climatiques, aussi doit-on prévoir en plus de la donnée essentielle qu'est le rendement des notations phénologiques et biométriques en cours de culture ainsi que les relevés sur l'époque et l'intensité des attaques de parasites. Les notations, tant physiques que biologiques, devront être particulièrement soignées pour un certain nombre de cultures de base qui seront spécialement effectuées à cet effet. On notera de plus comment ces cultures modifient le climat, en particulier par leur action sur les réserves d'eau du sol.

En résumé, de même que certains colons, en même temps qu'ils suivent journellement le développement de leurs cultures font eux-mêmes au Maroc des relevés climatologiques ayant pour eux comme pour la collectivité un très grand intérêt ainsi que s'est plu à le reconnaître dans une récente publication M. G. ROUX, Directeur du Service de Physique du Globe et de la Météorologique, le Service des Recherches Agronomiques doit lui-même assurer sur ces champs d'expérience le fonctionnement de postes d'observation permettant aux chercheurs d'avoir les données physiques et biologiques les intéressant directement.

Les postes, peu nombreux, mais bien répartis, et donnant d'une façon aussi complète que possible les données climatiques ayant une influence biologique marquée, seront de plus d'un grand intérêt pour d'autres services du département de l'agriculture tels que le Service de l'Horticulture, le Service de la Défense des Végétaux, le service des Eaux et Forêts et même le Service du Génie Rural.

Le personnel existant ou devant être normalement recruté dans les centres d'expérimentation pourra assurer, après avoir reçu une rapide instruction, la charge des observations. Seul devrait être créé au Centre de Recherches Agronomiques un service assurant le contrôle des postes, le rassemblement et l'étude des documents.

C. Organisation de la Section de Bioclimatologie Agricole au Centre même (Rabat)

Ce premier stade de l'organisation réalisé, de même que les nécessités de la navigation maritime puis aérienne ont provoqué l'essor rapide de la météorologie, de même les besoins de l'agriculture provoqueront au Maroc l'essor de la bioclimatologie. L'ébauche de service ainsi créé au Centre de Recherches Agronomiques prendra d'elle-même sous l'emprise des nécessités le développement auquel elle est destinée.

S'appuyant sur la solide documentation rassemblée et sur un réseau de postes bien organisé, les chercheurs auront dès le début la possibilité d'employer dans d'excellentes conditions la méthode d'observation.

Rapidement cependant, les résultats obtenus à l'étranger ainsi que ceux obtenus par l'observation locale nécessiteront l'emploi de la méthode expérimentale. Les moyens créés à ce premier stade d'organisation ne permettant pas de donner à cette méthode une ampleur suffisante, il est indispensable de prévoir une organisation complémentaire.

C'est alors sur l'organisation au Centre de Recherches Agronomiques lui-même que doit porter l'effort principal, le personnel scientifique devant disposer à tout moment des moyens de travail nécessaires. Le Centre devra donc progressivement être doté d'un poste d'observation particulièrement développé, de moyens permettant de modifier les conditions climatiques dans lesquelles seront placés certains végétaux, et d'un laboratoire.

Ainsi définitivement constituée, la section de bioclimatologie agricole pourra entreprendre toutes les recherches intéressantes, recherches en liaison avec les autres stations françaises ou recherches propres sur des problèmes d'intérêt régional.

Il est évidemment impossible de dresser à priori une liste des questions à étudier ; nous donnerons cependant à titre d'exemple un certain nombre de sujets présentant un intérêt particulièrement d'actualité :

Etude écologique des variétés susceptibles d'être propagées et des parasites animaux et végétaux particulièrement nuisibles ; recherches à entreprendre en collaboration avec les sections spécialisées, le Service de l'Horticulture et le Service de la Défense des Végétaux.

Etude des besoins en eau des plantes cultivées à entreprendre dans les périmètres irrigables en liaison avec les études pédologiques.

Etude de l'action de la jachère cultivée comparativement à celle d'autres assolements théoriquement plus intéressants.

Etude de l'influence des facteurs climatiques sur le comportement et l'effet des éléments fertilisants.

Etude de la conservation des sols dans les régions où le ravinement joue un rôle important.

Etude de l'érosion éolienne.

Etude de l'effet des vents desséchants.

Etude de l'action des climats de montagne sur certaines cultures (pommes de terre de semence, betteraves à graine).

Etude de l'action de la lumière en vue surtout du perfectionnement des techniques horticoles.

Etude sur le thermo et le photopériodisme, sur le plan local pour certaines plantes se trouvant être à la limite de leur zone de culture, telles que le cotonnier et surtout en liaison avec les autres stations françaises. Il est inutile, en effet, d'insister sur l'intérêt qu'auraient à ce point de vue des essais géographiques effectués simultanément sous les latitudes de Versailles, Montpellier, Alger, Tunis et Rabat.

2° MOYENS EN PERSONNEL ET EN MATERIEL NECESSAIRES

PERSONNEL

Personnel scientifique :

Un bioclimatologiste responsable de l'organisation et de la direction de la section ainsi que des recherches.

Un bioclimatologiste adjoint : Il est en effet indispensable que les observations climatologiques, phénologiques et écologiques ne présentent pas de lacunes ; le service doit être assuré même les jours fériés. Cet agent est d'autant plus nécessaire que le responsable sera obligé d'effectuer des tournées fréquentes pour vérifier le fonctionnement des postes et assurer le contrôle périodique des champs d'expériences.

Personnel technique :

Un préparateur spécialisé dans les mesures de physique.

Un préparateur spécialisé dans les mesures biologiques.

Deux calculateurs chargés de dépouiller les observations effectuées au Centre et dans les six postes régionaux.

La culture des champs d'expériences sera assurée par deux ouvriers.

MATERIEL :

Dans le plan d'organisation progressive, nous avons envisagé la création d'un réseau de postes d'observations situés sur les terrains d'expérience et l'organisation à Rabat de la section de recherches de bioclimatologie agricole. Nous allons reprendre chacun de ces deux points en examinant leur réalisation pratique.

A. Réseau de postes d'observation

Le poste type doit posséder :

a) un **petit parc météorologique** où seraient relevées journellement les valeurs des différents facteurs climatiques envisagés plus haut.

L'installation météorologique sera simplifiée ; en particulier l'étude de la pression atmosphérique n'est pas indispensable en l'état actuel de nos connaissances en physiologie végétale. Par contre, un développement tout particulier sera donné à l'étude des facteurs bioclimatiques :

Durée de l'insolation et intensité de la radiation globale.

Etude des pluies et en particulier de leur vitesse de chute.

Evaporation et sources secondaires d'humidité dont la rosée ; l'étude de ces phénomènes et des moyens permettant de les mesurer est à poursuivre.

Aux profils thermiques de la biosphère, la température de l'air doit être prise à différentes hauteurs et la température du sol à différentes profondeurs. Des comparaisons seront effectuées entre les profils obtenus pour différentes cultures. On relèvera de plus les indices actino-thermiques.

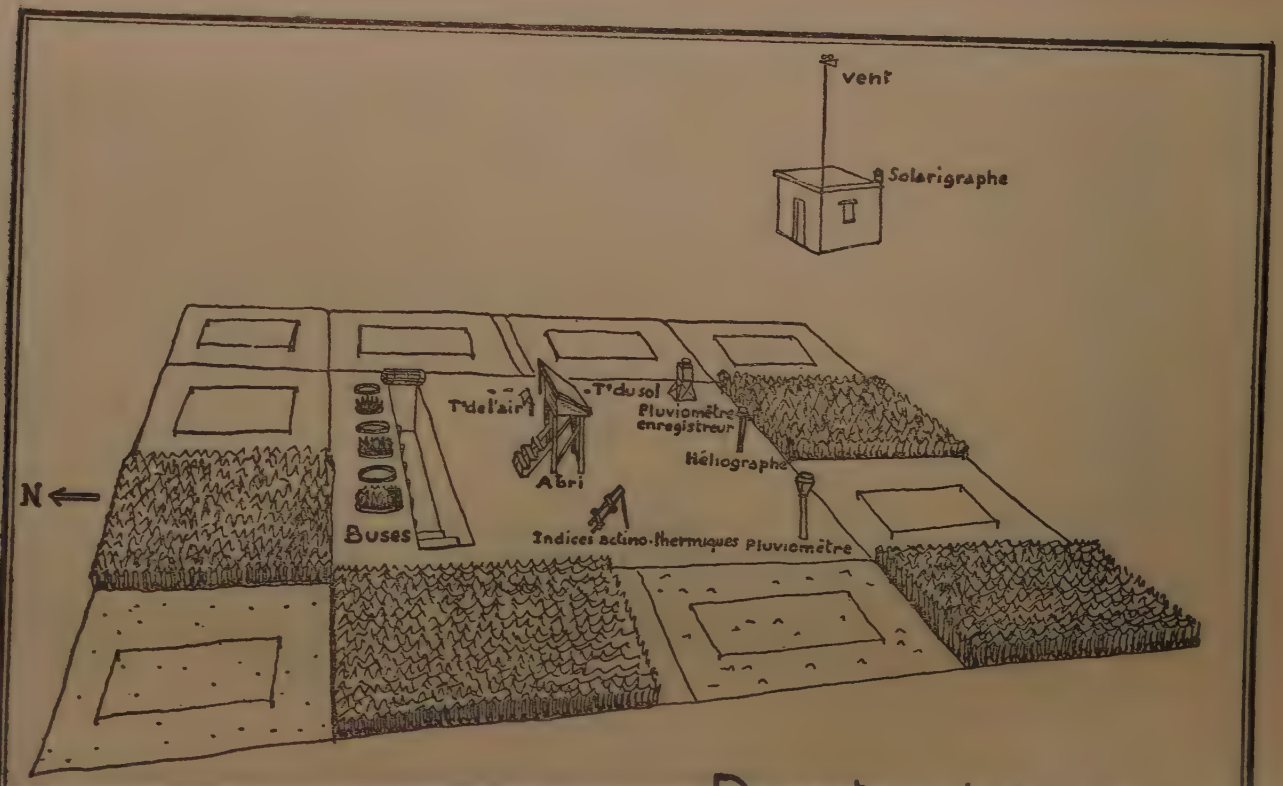
Humidité du sol ; elle devra être déterminée périodiquement (au minimum vers la fin de la période sèche, au début du printemps et à la récolte) pour un certain nombre de cultures effectuées sur les parcelles dont nous allons à présent parler.

b) autour de ce parc seraient préparées un certain nombre de **parcelles** dans lesquelles on noterait en particulier la température et l'humidité du sol. Les parcelles porteraient des cultures sur lesquelles seraient effectués des relevés phénologiques et biométriques ainsi que des récoltes échelonnées ; de tels relevés seraient faits de plus sur les cultures mêmes du champ d'essai.

Les parcelles doivent avoir 5 mètres de côté, les prélèvements d'échantillons ne devant être effectués que sur des carrés de 3 mètres de côté situés au centre des parcelles et jouant un rôle de cases de végétation. Dans ce but, la terre de ces carrés sera préalablement, si besoin est, épierrée et mélangée de façon qu'elle soit la même dans toutes les parcelles ; on s'efforcera cependant de conserver le profil naturel du sol.

Les cultures à effectuer sur ces parcelles doivent obligatoirement comprendre en double répétition les cultures de base : jachère continue, céréale continue, jachère après céréale et céréale après jachère.

c) Enfin, en vue d'étudier la dynamique de l'eau dans le sol, huit buses drainant par la base et jouant le rôle de cases lysimétriques seront placées dans une tranchée, les eaux de drainage étant recueillies dans un récipient. Dans tous les postes ces buses seront remplies de la même terre. Les cultures effectuées sur ces bases, seront les mêmes que les cultures de bases effectuées sur les parcelles.


vent
Solarigraphe
T°de l'air
T°du sol
Pluviomètre enregistreur
Héliographe
Abri
N
Buses
Indices actino-thermiques
Pluviomètre

Poste type

En ce qui concerne la **répartition géographique des postes**, ce poste-type ne peut être réalisé sur tous les champs d'essai du Maroc, aussi convient-il de faire un choix qui doit être guidé par des considérations d'ordre biogéographique et pratique. Il apparaît que la **répartition** des postes suivants est la plus judicieuse tout en étant la plus facilement réalisable :

Champs d'essai devant posséder un dispositif aussi complet que possible :

Dans la zone atlantique nord, une station côtière et une station à l'intérieur des terres : Rabat, Fès.

Stations de périmètres irrigables : Une station près de la côte : Doukkala ; une à l'intérieur : Beni-Amir, et une dans la zone méditerranéenne : Berkane.

Une station dans le sud Marocain, région du Sous : Aïn-Chaïb.

Champs d'essai ne devant avoir qu'un dispositif réduit :

Dans le Maroc central : Une station côtière : Safi et une station à l'intérieur : Marrakech.

Une station d'altitude : El Hajeb.

Une station dans le Rharb, en raison des particularités pédologiques de cette région : Sidi Slimane.

B. Organisation à Rabat de la section de bioclimatologie agricole

Poste d'observation et champ d'expérience : Celui-ci sera beaucoup plus important que dans les autres stations ; en particulier, le nombre de parcelles d'expérience sera suffisant pour que des essais en culture sèche, en culture irriguée, en cultures différemment fumées puissent être entrepris.

Pour l'étude de la dynamique du sol on doit prévoir la création d'une batterie de cases lysimétriques mieux exposée que celle actuellement en service.

Pour l'étude de l'évaporation par le sol et des besoins en eau des plantes cultivées on doit prévoir une série de bacs pesables sur lesquels seront répétées les expériences faites sur cases lysimétriques.

Enfin, pour l'étude de l'écologie des plantes cultivées, la section de climatologie devrait posséder une série d'écrans et de châssis ainsi que des locaux « climatisés » qui pourraient être constitués par de petits châssis dans lesquels circulerait un courant d'air amené à température et humidité voulues.

On doit ici insister sur le fait que les recherches agronomiques constituent un tout qui n'est divisé en sections que pour des raisons de commodité ; le matériel qui est demandé pour la section de climatologie est d'une utilité évidente pour les autres sections du service des recherches et pour les autres services du département de l'agriculture. Les cases lysimétriques et les bacs pesables, par exemple, sont indispensables pour quiconque s'occupe de pédologie et de chimie du sol. Les locaux climatisés sont utiles à tous ceux qu'intéressent l'écologie des plantes cultivées et celle de leurs parasites ; c'est ainsi qu'ils permettraient d'obtenir en quelques mois des relations entre les conditions de milieu et le développement d'un parasite alors que des années d'études par la méthode d'observation ne permettent d'obtenir que des corrélations imprécises.

Laboratoire : Etant donné la variabilité des conditions climatiques il est indispensable de suivre journellement d'une part l'évolution des conditions climatiques, d'autre part la réaction des êtres vivants étudiés. Le laboratoire que l'on pourrait construire en matériaux légers en attendant que soit réalisée l'organisation définitive doit donc être situé sur le terrain d'expérience même. Il serait de plus excellent qu'un agent jouant d'autre part le rôle de gardien soit logé à proximité du terrain.

Les instruments de travail essentiels que devra posséder le laboratoire consistent, en plus des balances, d'une étuve à dessécher et de la verrerie normale, en :

appareils permettant l'étude :

du rayonnement lumineux : solarigraphe et solarimètre servant d'étalon ;

de la température, en particulier : thermomètres enregistreurs à distance et sondes thermoélectriques ;

du facteur humidité, en particulier un pluviomètre enregistreur, évaporomètre, atmomètres, appareils pour l'étude de la rosée, de l'humidité du sol.

des appareils de mesures physiques, notamment potentiomètres, boîtes de résistance, galvanomètres, etc...

Bureaux : On doit prévoir deux bureaux pour le personnel scientifique et deux bureaux pour le personnel technique. Un bureau devrait être au Centre même, les autres devant être de préférence sur le terrain. Le matériel de bureau devra comprendre en plus du matériel normal : une machine à calculer, des règles à calcul, un planimètre, un matériel à dessin.

Décembre 1945

A. VERNET

Service de la Recherche Agronomique et de l'Expérimentation Agricole

Ferme Expérimentale de Fès	M. M. DELEUZE-DORDRON.
Comptabilité	*MM. A. Le Deuc et A. Pépin.*
Chef des cultures ..	*M. A. Guérard.*
Expérimentateur	*M. B. Jean.*
Ferme Expérimentale Xavier BERNARD à Saint-Jean-de-Fédala	M. M. MEYNENG.
Comptabilité	*M. A. Ledoux.*
Expérimentateur	*M. F. Foucart.*
Station Expérimentale de Sidi-Slimane ..	M. L. FOUASSIER, *chef de l'Arrondissement agricole de Sidi-Slimane.*
Chef des cultures ..	*M. R. du Merle.*
Expérimentateur	*M. J. Boruchowicz.*
Agent de culture ..	*M. R. Durand.*

- Imprimerie -
Maroc-Matin
- - Rabat - -